

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**LJUBICA VIDOVIĆ**

**INSPEKCIJA, ODRŽAVANJE I PRIMJENA  
PREMAZA NA BRODOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**INSPEKCIJA, ODRŽAVANJE I PRIMJENA**  
**PREMAZA NA BRODOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**izv.prof.dr.sc. Gorana Jelić-Mrčelić**

**STUDENT**

**Ljubica Vidović**

**(MB: 0171268690)**

**SPLIT, 2018.**

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je dati kratak pregled zaštitnih te antivegetativnih premaza, koji se upotrebljavaju za zaštitu brodskog trupa od korozije i obraštanja. U prvom poglavlju obrađuje se problematika korozije na globalnoj razini, te načini zaštite trupa od korozije. U drugom poglavlju objašnjen je sastav premaza te klasifikacija premaza. U trećem poglavlju navedeni su specijalni tipovi premaza. U četvrtom poglavlju riječ je o tehnici nanošenja premaza, te pripremi površine. U petom poglavlju je riječ o debljini mokrog te suhog filma premaza. U šestom poglavlju navedene su opasnosti premaza od eksplozije, štetnosti za ljudsko zdravlje te okoliš. Sedmo poglavlje se bavi inspekcijom, a osmo poglavlje donosi zaključke izvedene iz gore navedenih poglavlja.

**Ključne riječi:** *brod, premazi, trup, korozija, obraštanje, inspekcija*

## ABSTRACT

The aim of this paper is to provide a brief overview of protective and antifouling coatings used to protect the hull from corrosion and fouling. The first chapter deals with global corrosion issues and corrosion protection methods. The second chapter explains the composition of the coating and the classification of the coating according to the drying methods. The third chapter deals with the special types of coatings. The fourth chapter describes coating application and surface preparations. The fifth chapter investigates the thickness of wet film coatings and dry film coatings. The sixth chapter outlines the threat of explosion, harm to human health and the environment. The seventh chapter deals with the inspection while the conclusion is given in chapter eighth.

**Key words:** *ship, coatings, hull, corrosion, fouling, inspection*

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. PREMAZI .....</b>	<b>4</b>
2.1. POVIJEST BOJA I PREMAZA .....	4
2.2. SASTAV PREMAZA .....	6
2.3. KLASIFIKACIJA PREMAZA .....	8
<b>3. SPECIJALNI PREMAZI .....</b>	<b>14</b>
3.1. ANTIVEGETATIVNI PREMAZI .....	14
3.2. SHOPPRIMERI .....	18
3.3. PROTUKLIZNI PREMAZI .....	18
3.4. PROTUPOŽARNE BOJE .....	18
<b>4. PRIMJENA TEHNIKE PREMAZIVANJA I DEBLJINA SLOJEVA .....</b>	<b>19</b>
4.1. PRIPREMA ZA NANOŠENJE PREMAZA .....	19
<b>5. ODREĐIVANJE DEBLJINE SLOJA PREMAZA .....</b>	<b>23</b>
5.1. MJERENJE DEBLJINE MOKROG FILMA PREMAZA .....	23
5.2. MJERENJE DEBLJINE SUHOG FILMA PREMAZA .....	24
<b>6. SIGURNOSNE MJERE PRI UPOTREBI PREMAZA .....</b>	<b>25</b>
6.1. OPASNOSTI ZA OKOLIŠ .....	25
6.2. OPASNOSTI OD EKSPOLOZIJE I VATRE .....	26
6.3. OPASNOSTI ZA LJUDSKO ZDRAVLJE .....	27
<b>7. INSPEKCIJA PREMAZA .....</b>	<b>30</b>
7.1. IMO PSPC STANDARD .....	30
7.2. ODRŽAVANJE I POPRAVAK ZAŠTITNIH PREMAZA PREMA ABS-U .....	32
7.3. SMJERNICE ZA KONTROLU ANTIVEGETATIVNIH PREMAZA ..	39
7.4. IMO ZAHJEVI ZA PREVENCIJU KOROZIJE BALASNIH TANKOVA NA BRODOVIMA .....	40
<b>8. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>42</b>

<b>LITERATURA .....</b>	<b>44</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>46</b>
<b>POPIS TABLICA I GRAFOVA.....</b>	<b>47</b>
<b>POPIS KRATICA.....</b>	<b>48</b>

## 1. UVOD

Danas se u brodogradnji najviše upotrebljavaju: metali (čelik i obojeni metali), umjetni materijali i drvo. Brodograđevne materijale dijelimo na materijale za izradu broskog trupa te na materijale za izradu ostalih dijelova brodske konstrukcije. Zahtjevi kojima materijali moraju udovoljiti su: visoka specifična čvrstoća, žilavost, elastičnost, dobra obradljivost, postojanost prema agresivnim medijima, nezapaljivost, itd. Današnji trgovački brodovi su većinom građeni od čelika, slitine željeza s ugljikom (0,2-1,7%). Čelik se prema svojim svojstvima dijeli u 5 kategorija; A,B,C,D i E ovisno o čvrstoći i kvalitete. [1]

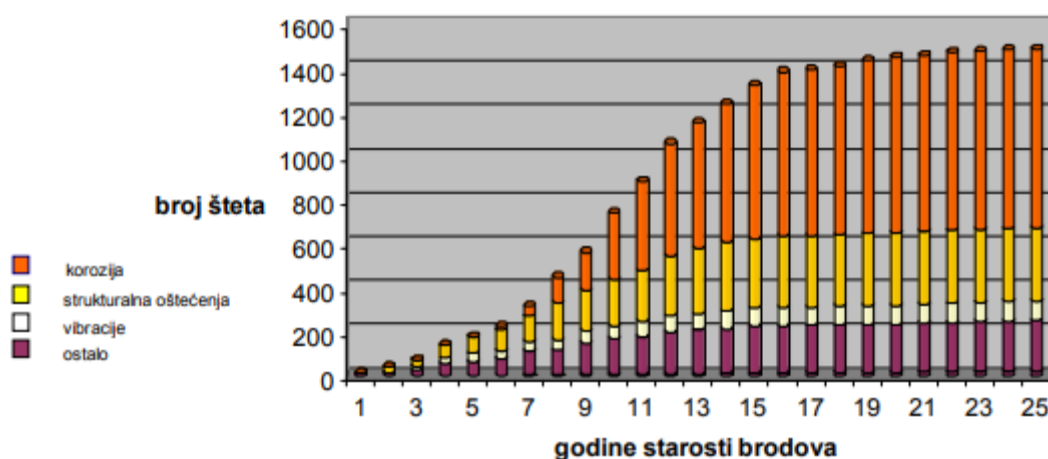
Korozija je propadanje materijala pod utjecajem okoline. Naziv *corrodere* dolazi od lat. riječi što znači nagrizzati. Brodovi su izrazito podložni korodiranju zbog prisustva morske vode, u kojoj metali mnogo brže korodiraju nego u slatkoj vodi zbog prisustva soli, te velike električne vodljivosti. Morska voda sadrži velike koncentracije soli, većim dijelom natrijev klorid NaCl, magnezijev klorid MgCl<sub>2</sub>, magnezijev sulfat MgSO<sub>4</sub>, kalcijev sulfat CaSO<sub>4</sub> i kalijev sulfat K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. U morskom zraku također su prisutne čestice morske vode što je pogodno za nastanak korozije. Korozija smanjuje masu metala i njegovu uporabnu vrijednost u obliku sirovine, poluproizvoda i proizvoda. Skraćuje vijek trajanja proizvoda, poskupljuje održavanje, uzrokuje zastoje u radu, pogoršava kvalitetu proizvoda itd. Zbog korozije postaju neupotrebljive i mnogo veće količine materijala od korodiranih, jer element koji je korodirao može biti vitalni dio nekog sklopa ili konstrukcije, koji više nije upotrebljiv za rad.[2]

Prema istraživanjima provedenim u SAD-u od 1999. do 2001. godine, godišnji troškovi korozije u 1998. godini iznosili su čak 275,7 milijardi USD, što je oko 3,1% njihova BDP-a, odnosno 1 000 dolara po stanovniku. Ti troškovi uključuju procijenjenu štetu nastalu zbog korozije kao i troškove zaštite konstrukcijskih materijala. Studijom je utvrđeno da se gotovo trećina štete mogla izbjeći primjenom odgovarajućih metoda zaštite od korozije. [2]

Posljednji podaci Svjetske korozijske organizacije (WCO - *The World Corrosion Organization*) potvrđuju kako troškovi uslijed korozije još uvijek nisu pod kontrolom. Za

2006. godinu ukupni troškovi zbog korozije u svijetu iznose čak 2200 milijardi USD, dok su za 2011. godinu troškovi bili procijenjeni na 3300 milijardi USD. [2]

Korozija i njene posljedice imaju značajan utjecaj na čvrstoću broda njegovu operativnost, životni vijek te opću sigurnost. Utjecaj korozije prisutan je kod svih vrsta brodova, a najizraženija je na dijelovima brodske strukture koji dolaze u neposredan dodir s morskom vodom, tankovima balasta te prostorima za teret. Vлага i ostali elementi koji pospješuju korozivne procese mogu se nalaziti i u brodskom teretu. Na priloženoj slici prikazan je broj zabilježenih oštećenja prema godinama starosti broda. [3]



**Slika 1. Broj šteta prema godinama starosti uzrokovao korozijom, strukturalnim oštećenjima, vibracijom i ostalim uzrocima [3]**

Pravilno tretiranje korozije odnosno pravilnom zaštitom protiv korozije je moguće višestruko produljiti životni vijek broda. Već kroz povijest su ljudi raznim načinima, uvidjevši opasnost koju korozija nosi, pokušavali zaštititi brodove. Metode zaštite korozije se dijele na:

- izbor materijala i druge konstrukcijske mjere,
- elektrokemijska zaštita,
- zaštitne prevlake.

Raznim konstrukcijskim mjerama je moguće usporiti proces korozije. Pri samoj gradnji broda uzima se u obzir da će brod biti gotovo cijelo vrijeme izvrnut raznim opterećenjima, vanjskim i unutarnjim silama. Dijelovi broda koji se najviše troše kao: oplata, rebra i donji dio strojarnice podebljavaju se. Svi dijelovi broda moraju biti lako

pristupačni, da bi se mogli pregledati i održavati pristupačni, da bi se mogli pregledati i održavati. Zato brodograditelj ponekad odstupa od konstrukcije pojedinih dijelova kakva bi više odgovarala čvrstoći. Dalje je utvrđeno da se u uskim mjestima gdje se sakuplja prljavi zrak, stvara kondenzacija plinova, koja pospješuje koroziju. Brodograditelji nastoje izbjegavati ovakve konstrukcije, a gdje to nije moguće, ona se zaštićuju dobrom ventilacijom ili se popunjavaju cementom kako bi se tako spriječio pristup prljavom zraku.

[4]

Na gornjoj palubi se radi preluk radi protjecanja vode, vodoravni dijelovi te proveze se maksimalno izbjegavaju zbog zadržavanja vlage. U novije vrijeme pristupa se sve više suvremenim konstrukcijskim rješenjima, tako su Z - rebra zamjenjena sa L - bulb profilom.

Zaštita prevlakama je najčešći način zaštite metala. Njena primarna svrha je zaštita od korozije, dok sekundarna može biti postizanje određenih fizikalnih svojstava površine, zaštita od mehaničkog trošenja, postizanje estetskog dojma, povećanje dimenzija istrošenih dijelova, odnosno popravak loših proizvoda itd.[5]

Dijelimo ih na:

- metalne,
- nemetalne, koje mogu biti organske i neorganske.

Pri zaštiti presvlačenjem metala metalom zaštitni metal pruža, osim antikorozivne zaštite, veću čvrstoću, otpornost, tvrdoću te električnu vodljivost. S druge strane u nemetalne prevlake spadaju: premazi na bazi boje i lakova, ulja i masti, cementa te guma.



## **2. PREMAZI**

Premazi su najčešće korištena metoda zaštite čelika. Nalaze se u tekućem obliku, a nakon sušenja stvaraju čvrsti zaštitni sloj (otvrdnjavaju). Premazi štite metal pasivno pružajući mu zaštitu od izloženosti vodi i zraku, a mogu štititi metal i aktivno - elektrokemijski. Premazi imaju višestruku ulogu: štiti strukturu od propadanja i/ili obraštanja, ali imaju i dekorativnu ulogu, te omogućavaju lako čišćenje.

Premazi najčešće služe: [2]

- za zaštitu podloga tj. metalnih i nemetalnih konstrukcijskih materijala od korozije (kemijskog razaranja) i od drugih vrsta oštećivanja djelovanjem medija i/ili
- za postizanje estetskog učinka (dekorativni premazi).

Dekoratívni premazi također moraju djelovati zaštitno jer trajnost dekorativnog učinka može se osigurati samo ako je sam premaz stabilan uz dane okolnosti i ako dovoljno dugo štiti podlogu. Ima i mnogih specijalnih premaza (npr. antivegetativni i protupožarni premazi) kojima glavna svrha nije dekoracija ni zaštita, ali je trajnost ostvarivanja glavne namjene moguće postići jedino ako su sami premazi stabilni i kad djeluju zaštitno na podlogu. [2]

### **2.1. POVIJEST BOJA I PREMAZA**

U početku se samo boje rabile samo za oslikavanje pećina, i u dekorativne svrhe, sve do rimskog doba i spoznaje da mogu poslužiti i u zaštitne svrhe. Tek s dolaskom industrijske revolucije dolazi, zbog velike potrebe čelika, potreba za premazima, a veliki napredak u proizvodnji premaza bio je Prvi svjetski rat. U šesdesetim godinama prošlog stoljeća organska su otapala kao sastavni dio svaki boje prepoznata kao zagađivači što je dovelo do razvoja ekoloških premaza. Današnji trend su vodotopljivi i vodorazrjeđivi premazi, premazi s visokim udjelom suhe tvari, praškasti premazi te premazi koji otvrnjuju zračenjem. Zbog neštetnosti okolišu i čovjeku danas se te premaze naziva “prijateljima okoliša”. [2]

Već u doba Grka i Rimljana., oko 400 godina pr.Kr. ljudi su otkrili da boje mogu služiti i u zaštitne svrhe, tako je od smole i balzama napravljen prvi zaštitni premaz za

bojenje brodova. Sušiva ulja u srednjem vijeku (400.-1600.) su bili tražena trgovačka roba, dok su neki pigmenti (olovno bjelilo, koštano bjelilo) dostizali cijenu skoro dragog kamena te plemenitih metala.

Industrijska revolucija je imala golem utjecaj na razvoj industrije boja i lakova. Porast uporabe čelika u graditeljskim konstrukcijama rezultirao je potrebom za antikorozijskim temeljnim premazima kako bi se konstrukcije zaštitile od korozijskog propadanja. Godine 1833. započelo se i sa tvorničkom proizvodnjom. Početkom 1900-tih godina razvoju zaštitnih sustava uvelike je pridonio željeznički promet. Vitalni dio željeznica bili su mostovi, a većina ih je bila izvedena od čeličnih elemenata spajanih zakovicama, koje je trebalo odgovarajuće zaštititi. Jedan od najefikasnijih sustava koji se tada primjenjivao sastojao se od temeljnog premaza na bazi lanenog ulja sa crvenim olovnim pigmentom u jednom ili više slojeva i završnog premaza na bazi lanenog ulja sa olovno- grafitnim pigmentom u dva ili više slojeva. Taj je sustav pružao dobru i dugotrajnu zaštitu od korozije. Nanosio se četkama. [2]

Prva prevlaka zabilježena izričito kao sredstvo protiv obraštanja jest patent Willama Bealea iz 1625. godine. Njegova je prevlaka bila sastavljena od željeza u prahu, cementa, a vjerojatno i nekoga bakrenog spoja. U mješavinama koje su se u obliku premaza nanosile na podvodni dio trupa i štatile ga od obraštanja uporabljeni su bili: smole, pčelinji vosak, sirovi terpentin, pšenični alkohol, usitnjeno staklo, katran, vapno, lijevani kositar, cink, željezni sulfidi, bubrežni loj, asfalt, riblje ulje itd. Nakon 1835. godine ozbiljno su shvaćeni problem galvanske korozije čeličnoga trupa i rastuća potreba za sredstvom protiv obraštanja koje neće proizvoditi galvanske efekte na trupu, pa se počinju razvijati premazi koji iz neke vrste matrice otpuštaju otrovne tvari. Najčešće korišteni otrovi bili su bakar, arsen i živa zajedno s njihovim spojevima, kao otapala služili su terpentin, nafta i benzen, a matrice su činili laneno ulje, šelak ('prirodna plastika'), katran i razne smole. Sredstva protiv obraštanja bila su preskupa, često kratkog vijeka trajanja, a ponekad i nepouzdana. *Formula Norfolk* sadržavala je crveni živin oksid raspršen u šelaku, pšeničnom alkoholu, terpentinu i ulju borovoga katrana uz dodatak cinkovog oksida i cinkove prašine. Kvalitetan šelak nabavljao se iz Indije što je sa širom uporabom postalo preskupo i prekomplikirano za nabavu, pa je kao dobra zamjena šelaku uvedena prirodna smola. Početkom 20. st. vladalo je mišljenje da je *Talijanska Moravia* (premaz na osnovi *vrele plastike*, smjesa prirodne smole i bakrenih spojeva) jedan od najboljih

antivegetativnih premaza. Prije nanošenja bilo ga je potrebno grijati što je predstavljalo problem zbog kojega se uvode premazi koji se suše isparavanjem otapala. [6]

## **2.2 SASTAV PREMAZA**

Glavni sastojci premaza su:

- vezivo,
- pigment,
- otapalo,
- aditivi.

Glavna funkcija veziva je osigurati povezivanje svih komponenti u jednu homogenu cjelinu. Kao veziva služe neisparljive organske tvari u obliku viskoznih kapljevina ili smola. Različita kombinacija veziva daje željeno svojstvo premaza. Vezivo premaznog sredstva razlikuje se od tvari koja čini opnu prevlake ako ona nastaje kemijskih otvrdnjavanjem. Podjela veziva je različita, a najčešća je podjela prema načinu sušenja. U tom slučaju veziva se dijele prema fizikalnom i kemijskom sušenju. Osim prema načinu sušenja veziva se dijele i prema kemijskim spojevima koji ih tvore. Tako postoje veziva na osnovi prirodnih smola, derivata celuloze, prirodnog ili sintetičkog kaučuka, sušivih masnih ulja, poliplasta i bituminoznih tvari.

Vezivo čini neisparljivi dio medija boje. To su organske tvari u tekućem ili praškastom stanju koje povezuju sve komponentne premaznog sredstva, a nakon nanošenja stvaraju tvrdi zaštitni sloj. U određenu premaznom sredstvu često se kombiniraju različita veziva kako bi se postigla željena svojstva premaza. Valja istaknuti da se vezivo premaznog sredstva bitno razlikuje od tvari koja čini opnu prevlake ako ona nastaje kemijskim otvrdnjivanjem. Važna su veziva na osnovi sušivih masnih ulja, poliplasta, derivata celuloze, prirodnih smola, prirodnog ili sintetičkog kaučuka i bituminoznih tvari. Do Prvog svjetskog rata upotrebljavala su se isključivo različita prirodna ulja, koja karakterizira suviše dugo vrijeme sušenja prevlaka što je usporavalo proces zaštite, a tada su se počele primjenjivati sintetičke smole. [2]

Pigmenti štite boju od pucanja uslijed sunčevih zraka, ne isparavaju i imaju veliku pokrivnu moć. Pigmenti se definiraju kao neotopive organske ili anorganske tvari koje

selektivno apsorbiraju i reflektiraju svjetlost, a posljedica toga je određeno obojenje koje daju premazima. Osnovna boja i svojstva pigmenata određeni su kemijskim sastavom i njihova glavna uloga je da premaz čine neprozirnim, da povećaju mehanička i zaštitna svojstva kao i njihovu kemijsku i tehničku postojanost te da poboljšaju refleksiju svjetlosti. Zaštitno djelovanje pigmenata može biti pasivizirajuće, neutralizirajuće i inhibitorско.[7]

Otapala su isparljivi sastojci, koji stvaraju viskozitet premaza. Otapala bi bilo poželjno izbjegavati, no zbog veziva njihova uporaba je obavezna. Ne odgovara svako otapalo svakom premazu, a obično se upotrebljavaju za postizanje određene viskoznosti zaštitnih sredstava. Otapala su isparljive supstance. Oni ispare iz filma boje prije ili kasnije. Točka ključanja pokazuje brzinu isparavanja rastvarača. Visoka točka vrenja znači sporo isparavanje. Otapalo mora imati adekvatnu brzinu isparavanja. Ako ispari prebrzo, boja će se stisnuti i javiti će se poteškoće u njenom nanošenju. Ako isparava previše sporo, može doći do zarobljavanja otapala u boji i do pojave defekata. [4]

Aditivi mogu imati različite funkcije, ovisno kod kojih premaza se koriste. Sušila se koriste kako bi se skratilo vrijeme sušenja kod uljnih boja, hydrogen peroksid se dodaje polyester bojama, dok se baktericidi koriste kod premaza na bazi vode. S obzirom na malu količinu koja se dodaje u boje, aditivi imaju veliki učinak na premaze, stoga se dodaju kako bi spriječili nedostatke premaza. Punila su mineralne tvari u finom obliku, čijim dodavanjem se postiže veća čvrstoća premaza. Također, kao i pigmenti ne ispravaju, te štite od štetnih sunčevih zraka. To su: karbonat, silikon i silikati. Zapreminska koncentracija pigmenta (*PVC-pigment volume concentration*) je omjer pigmenta i razvijaača u premazu. Visok stupanj PVC-a pruža matirani izgled te malu vjerovatnost pojave mjehura.

Pri dodavanju aditiva mora se paziti na njihovu koncentraciju jer ako je ona veća, imaju više nuspojava koje su itekako nepoželjne. Prema nedostatku na koji djeluju, aditivi mogu biti [2]:

- disperzanti i okvašivači,
- reološki aditivi,
- aditivi protiv pjenjenja,
- aditivi za poboljšanje izgleda površine,

- katalizatori i sušila,
- konzervansi,
- svjetlosni stabilizatori,
- korozijski inhibitori.

### 2.3. KLASIFIKACIJA PREMAZA

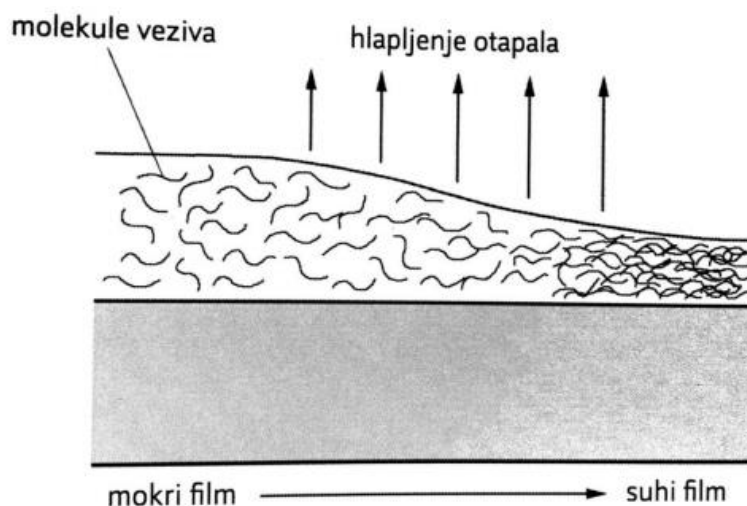
Premazi se mogu podijeliti na:

- fizikalno sušive premaze,
- premazi koji se suše oksidacijom,
- premaze koji očvrstnu kemijskim putem.

Fizikalno sušivi premazi su boje na bazi vode i otapala, suše se isparavanjem otapala. Boje su reverzibilne, te ne postoji kemijska reakcija tijekom sušenja. Temperatura uvelike ovisi o brzini sušenja, tako pri manjim temperaturama sušenje je sporije, ali se ne zaustavlja.

Kod fizikalno sušenih boja filmovi se formiraju hlapljenjem otapala. Kako je hlapljenje otapala fizikalna pojava, te se boje nazivaju fizikalno sušene. Fizikalno sušenje se zbiva u tri faze: [2]

- faza 1 - brzo hlapljenje otapala sa površine; posljedica toga je povećanje koncentracije polimera, a u skladu s tim smanjenje aktivne površine isparavanja,
- faza 2 - hlapljenje otapala difuzijom kroz slojeve koncentrirane polimerne otopine; to rezultira daljnjim povećanjem koncentracije polimera, a iz toga slijedi nepokretnost prisutnih makromolekula,
- faza 3- hlapljenje preostalog otapala u filmu.



**Slika 2. Formiranje filma u bojama na bazi otapala [2]**

Premazi na bazi klorirane gume proizvode se sintetičkim putem ili reakcijom gume i klora. Klorirana guma je topljiva u otapalu, a plastificirajući kemijski elementi pospješuju djelovanje veziva kod mehaničkih svojstava. Ovaj tip boja na brodu se koristi za zaštitu nadvodnog dijela broda (eng. *topside*), podvodnog dijela, te za zaštitu izloženih paluba (eng. *weather deck*). Kao i kod drugih premaza, potrebna je dobra i temeljita priprema površine, a nanose se bezzračnim sprejanjem (*airless spray*).

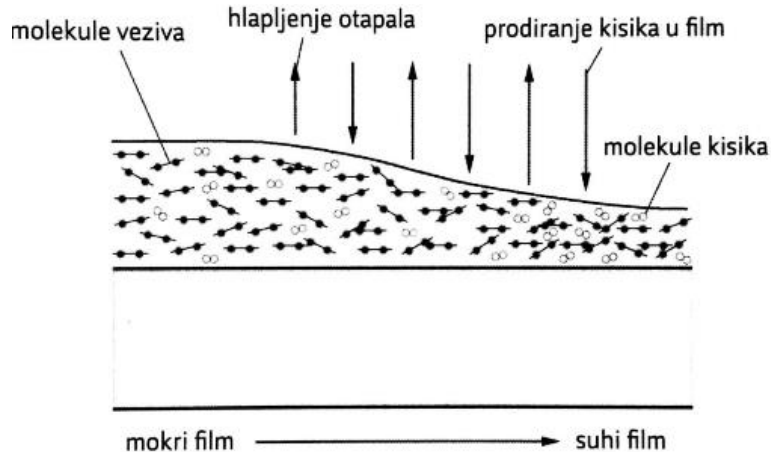
Vinilne boje - Sušenje ovih premaznih sredstava vrši se isparavanjem otapala. Vinilne smole su termoplastični polimeri na osnovi monomera od supstituiranog etilena. Među vinilne smole ubrajaju se vinilklorid, vinilacetat, vinildenklorid, vinilflourid, vinilidenflourid, polivinilizobutietr, polivinilbutiral itd.. Zbog poboljšavanja svojstava često se vinilne smole modificiraju dodavanjem poliestera, alkida, akrilata, fenoplasta, aminoplasta, epoksida i bitumena čime se po potrebi mijenjaju svojstva premaza. Sušenje im je fizikalno odnosno isparavanjem otapala, a kao prednosti im se ističu postojanost u atmosferi i vodi, te u kiselim, lužnatim i oksidativnim otopinama. Kao nedostatak im valja istaknuti neotpornost na visoke temperature koja se popravljja povećanjem udjela Cl i F. [8]

Mogu se koristiti i kao temeljni, srednji te završni sloj. Kao i kod premaza na bazi klorirane gume nanose se bezzračnim putem, te ih karakterizira brzo sušenje.

Bitumenski premazi potječu iz nafte, relativno su jeftini premazi koje karakterizira crna ili smeđa boja zbog nedostatka pigmenta, stoga nisu primjenjive za svijetle premaze. Ne upotrebljavaju se za vanjsku upotrebu zbog osjetljivosti na UV-zrake. Nedostatak im je

što su postojani u uskom temperaturnom rasponu između  $-10$  i  $40$  °C i nepostojani su u organskim otapalima, te su pri nižim temperaturama krhki, a pri višim meki i ljepljivi. Najčešće se upotrebljavaju u vlažnom okruženju kao npr. u balasnim tankovima, ili kod elemenata uronjenih u vodu. Teško ih je prebojati jer tada dolazi do pucanja ili blijedenja gornjeg sloja. Priprema površine je manje zahtjevnja nego kod nanošenja drugih boja, te se mogu nanositi valjcima, ali i bezzračnim putem.

Premazi koji se suše oksidacijom (*oxidatelly curing paints*) reakcijom kisika i pojedinih veziva ili hlapljenje organskog otapala mogu stvoriti konačan film. Oksidacijsko sušenje spada u kemijsko sušenje, iako ima elemente i fizikalnog sušenja. Vrijeme sušenja ovisi o temperaturi, pri nižim temperaturama tako je sušenje sporije jer je i reakcija kisika i veziva dosta sporija. Osim toga, nedovoljna vlažnost zraka, te nedostatak svjetlosti također mogu usporiti sušenje. Ovoj vrsti sušenja podvrgnuta su ulja odnosno nezasićene masne kiseline kao njihov sastavni dio. Ulja dolaze kao samostalna veziva ili kao modifikacija u nekim složenijim vezivima. Sušenje, odnosno stvaranje filma bazira se na reakciji atmosferskog kisika sa uljem. Zbog toga što je kod ovog tipa sušenja velika sporost reakcije, uvijek su prisutni katalizatori-sušila koji ubrzavaju stvaranje filma.[8]

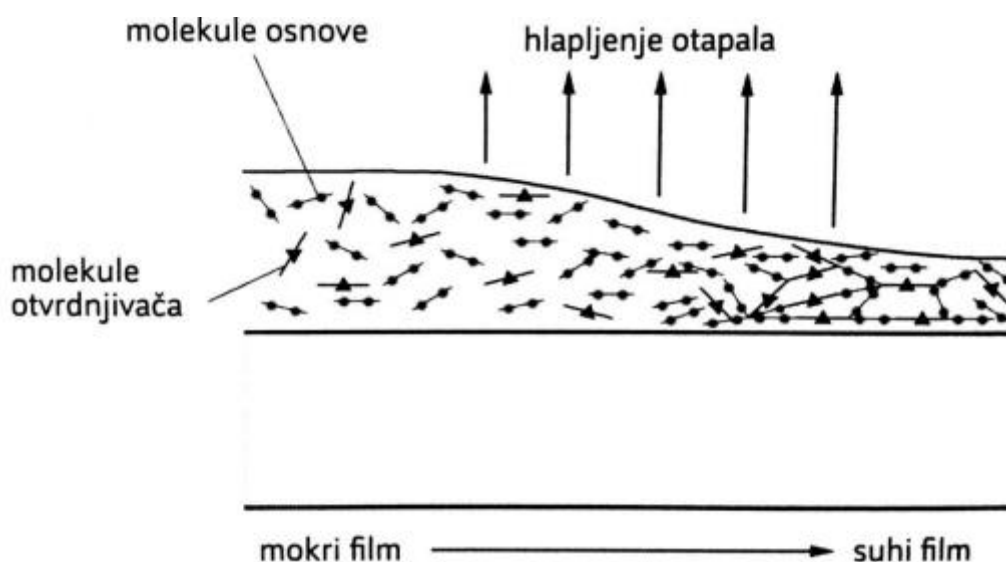


**Slika 3. Formiranje filma pri oksidacijskom sušenju, reakcija s kisikom [2]**

Alkidni premazi se najviše koriste kao antikorozivne boje, a na brodu se primjenjuju kao premazi za zaštitu nadvodnog dijela, izloženih paluba te tankova. Priprema površine za nanošenje premaza ovog tipa je daleko jednostavnija nego kod drugih, a samo nanošenje je moguće pomoću četke, valjka ili bezzračnog sprejanja. Najmanja temperatura na kojoj se može stvoriti film je  $+10^{\circ}\text{C}$ . Alkidi nastaju reakcijom kiselina, alkohola i ulja. Reakcija se događa u velikim kotlovima pri visokoj temperaturi.

Alkidni premazi se u velikoj mjeri koriste kao antikorozivne boje. Ove premazi imaju bolje karakteristike prijanjanja za podlogu od mnogih drugih premaza, i obično se proizvode sa pigmentima za sprječavanje korozije. [4]

Premazi sa kemijskim sušenjem (*chemically curing paints*). Film ovog tipa premaza je izuzetno čvrst i otporan na kiseline. Ovi premazi nisu reverzibilni ni termoplastični. Korozivna zaštita dvokomponentnih boja (epoksi i poliuretanskih boja), postiže se “barijera” efektom. Dvokomponentne boje se dostavljaju u dvije odvojene posude. One se obično nazivaju “baza” i “agensi za stvrdnjavanje”. Posude su obično označene sa A što predstavlja bazu, i B što predstavlja agens za stvrdnjavanje. Prije upotrebe komponente se moraju izmješati u određenom omjeru. Omjer mješanja najčešće naznačen na proizvodu. [4]



**Slika 4. Formiranje filma pri kemijskom otvrdnjavanju [2]**

Svojstva boja koje kemijski otvrdnjuju: [2]

- nereverzibilnost, npr. suhi-kemijsko otvrdnjeni premaz nije topljiv,
- otpornost na otapala (direktna posljedica nereverzibilnosti),
- ovisnost formiranja filma o temperaturi primjene, tj. postoji temperaturna granica ispod koje ne dolazi do polimerizirajuće reakcije,
- postojanost na visoke temperature tj. film boje se ne deformira pri višim temperaturama (otvrdnjeni film nije termoplastičan),



- nanošenje novog sloja boje (*eng. recoating*) mora se izvesti prije nego što se završi potpuno otvrdnjivanje prijašnjeg sloja. Ako je otvrdnjivanje bilo završeno, potrebno je mehanički ohrapaviti površinu poradi boljeg prijanjanja novog sloja boje.

Epoksi premazi se mogu podjeliti prema bazi na: premaze bez otapala, premaze sa smanjenim udjelom otapala, premaze s bazom otapala, i na premaze sa bazom vodene emulzije. To su veoma snažni premazi, koji su postojani u gotovo svim okruženjima s čvrstim filmom. Najviše se koriste u offshore industriji, te drugim zahtjevnim okolinama. Na brodu se koriste najviše za zaštitu nadgrađa i nadvođa (*eng. freeboard*). Minimalna temperatura na kojoj se nanosi iznosi 10°C, a nanošenje je moguće valjcima četkom te bezzračnim prskanjem. Bitno je obratiti pozornost na uputstva proizvođača o vremenu sušenja, te idealnom vremenu nanošenja, jer proces stvrdnjavanja počinje već miješanjem dviju komponenti.

Epoksi premazi bez otapala se mogu nanijeti u jednom debljem sloju, ili u više tanjih. Ako se nanose u jednom idealna debljina je oko 400 µm, dok kod višestrukog nanošenja svaki sloj bi trebao biti oko 100 µm. Većinom epoksi premazi bez otapala imaju istu primjenu kao i ostali epoksi premazi. Nanošenje je većinom bezzračnim sprejanjem. [4]

Za podvodni dio broda namjenjene su: [4]

- boje na bazi klonirane gume.
- vinilno-katranske boje.

Za nadvođe i pojas gaza koriste se:

- boje na bazi klorirane gume
- epoksi boje,
- alkidne boje.

Za izložene palube se koriste:

- boje na bazi klorirane gume,
- alkidne boje

Za nadgrađe se koriste:

- epoksi boje,
- alkidne boje.

Za tankove su namjenjene:

- bitumenozne boje,
- epoksi boje bez otapala (tankovi pitke vode).

U višeslojnu sustavu premazi se prema namjeni dijele na: [2]

- temeljne premaze (radionički premazi) - osiguravaju adheziju na podlogu i sprječavaju koroziju,
- međupremaze - daju neprozirnost, povećavaju debljinu filma i poboljšavaju zaštitni učinak sustava,
- završne premaze - zadovoljavaju zahtjeve u vezi s nijansom boje, sjajem, lakoćom čišćenja, otporom na abraziju, te štite prethodne premaze od utjecaja okoline (vode, onečišćene atmosfere, itd.).

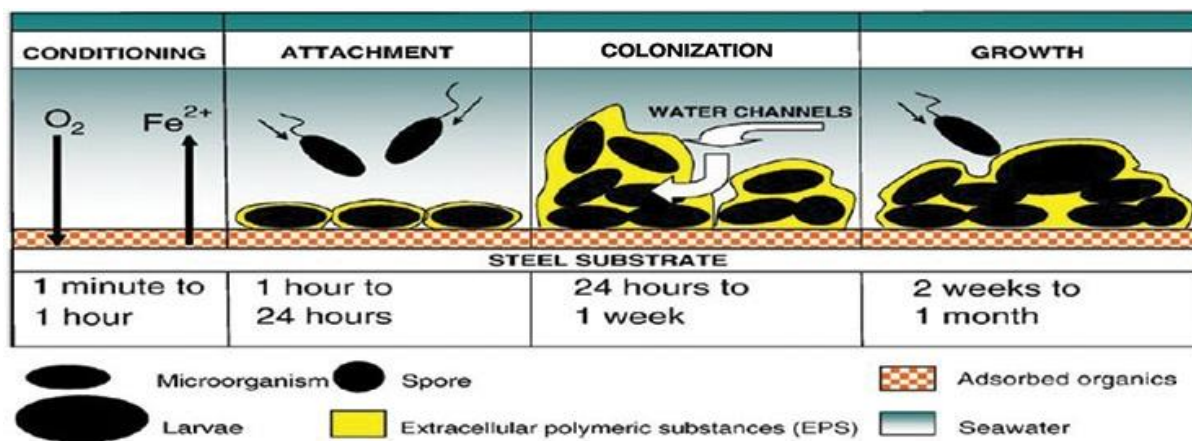
Osnovni premazi (eng. *primer*) se nanose direktno na čistu metalnu površinu, a njihova uloga je što jače povezivanje slojeva. Postoje dvije vrste, osnovni premazi s pigmentima metala koji se ponašaju kao anode te premazi sa jakom kemijskom otpornošću. Međupremazi moraju omogućiti zaštitu, smanjiti osjetljivost na elektrolite, te biti kompatibilni sa osnovnim te završnim premazom. Završni premaz je premaz čija je uloga zaštite primarnog, te međupremaza od vanjskih utjecaja. Poseban tip završnih premaza nanosi se na podvodni dio trupa radi zaštite od obraštanja. Takvi se premazi nazivaju protuobraštajni ili antivegetativni premazi.

### 3. SPECIJALNI PREMAZI

Postoje i specijalni premazi, koji osim zaštite pružaju još neko dodatno svojstvo. Tako postoje radionički temeljni premazi (*eng. shopprimeri*), koji služi kao kratkotrajna zaštita čeličnih limova tijekom gradnje, zatim protuklizni premazi (*eng. non-slip paints*), koji se primjenjuju na površinama predviđenim za hodanje, i protupožarne boje koje služe za sprječavanje širenja vatre.

#### 3.1. ANTIVEGETATIVNI PREMAZI

Obraštanje (*eng. fouling*) je nastanjivanje biljnih i životnjskih organizama na podvodnim dijelovima uronjenih objekata. Obraštanje je vrlo dinamičan proces na koji mogu utjecati strujanje mora, mehanička oštećenja, slanost mora, količina svjetla, temperature, zagađenje i dostupnost nutrijenata. Jačina obraštanja je i sezonski fenomen koji ovisi o zemljopisnom položaju. Poznavajući područje u kojem brod plovi moguće je procijeniti rizik od obraštanja. Najugroženiji su brodovi koji plove pri nižim brzinama, brodovi male aktivnosti, te brodovi koji plove u tropskom i suptropskim morima. [6]

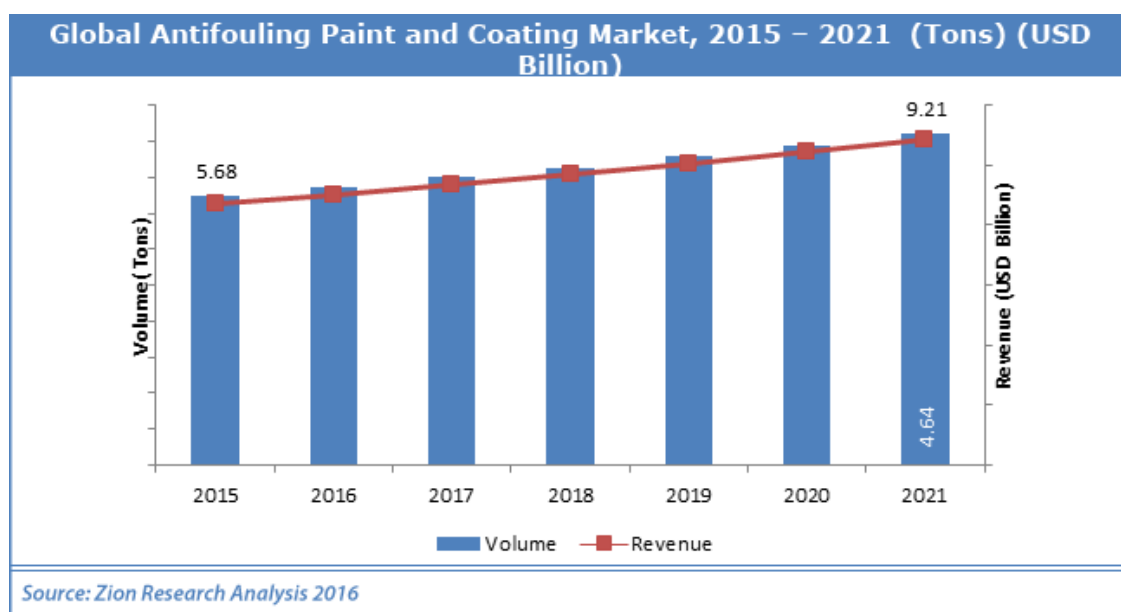


Slika 5. Proces obraštanja [6]

Održavanje broda je od iznime važnosti kako bi se produžio vijek trajanja, ali i izbjegli veliki novčani gubici. Šteta od obraštanja je višestruka: dolazi do povećane potrošnje goriva, smanjivanja brzine te češćom potrebom za dokovanjem broda. U takvim

uvjetima pojača se intezitet korozije pogotovo kad je potaknut razvoj sulfatno-reducirajućih bakterija. Te bakterije generiraju sulfidne ione i proizvode enzime koji ubrzavaju koroziju, pa je mogućnost pojave hidrodinamičkih i strukturnih problema velika.[6]

Glavni su ciljevi brodovlasnika u životnom vijeku broda maksimizirati učinkovitost u eksploataciji i minimizirati potrošnju goriva. Obraštanje i dotrajnost površine glavni su uzroci povećanja hrapavosti, a hrapavost izvanjske oplata podvodnog dijela trupa ima najveći utjecaj na otpor trenja. Kod sporih brodova, u koje možemo ubrojiti većinu trgovačkih brodova, dio otpora trenja u ukupnom otporu može iznositi i do 90%. S pojavom obraštanja rastu troškovi održavanja broda (brod mora češće u dok, priprema površine i nanošenje premaza istiskuju više vremena i sredstava), a smanjuje se i upravljivost broda. Utjecaj na okoliš evidentan je i ozbiljan, jer povećana potrošnja goriva rezultira povećanom emisijom štetnih plinova ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ) i uzrokuje širenje morskih organizama iz prirodnog staništa u područja gdje mogu predstavljati prijetnju ekološkoj ravnoteži. [6]



**Graf 1. Tržišta brodskih premaza – količina (tone) i vrijednost (milijarde SAD dolara) u razdoblju između 2015. i 2021. [9]**

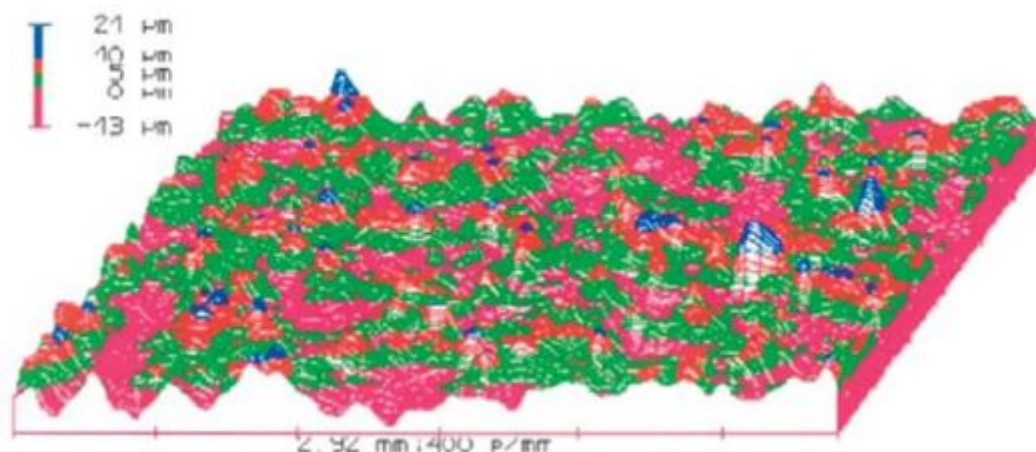
Spriječavanje obraštanja se najčešće provodi mehaničkim čišćenjem te antivegetativnim premazima. Mehaničkim čišćenjem se smatra primjena strugajućih alata kada je brod u suhom doku ili podvodne rotacijske četke. Svrha antivegetativnih premaza je spriječavanje pojave obraštanja broskog trupa. Premazi koji su danas u upotrebi su:

- biocidni (konvencionalni) premazi,
- samopolirajući premazi,
- *Foul-release* premazi.

Biocidni antivegetativni premazi su fizički sušive boje čija glavna prednost je ta što su dizajnirane tako da otpuštaju bioaktivne sastojke s vremenom. Karakteristika biocidnih premaza je niska topivost u vodi (manje od 10 ppm), povoljna cijena, te bezopasnost za ljude i okoliš. U brodogradnji postoje tri vrste biocidnih premaza: premazi na bazi kositra koji su zabranjeni za korištenje, prebazi bez kositra (*TBT free coatings*), te premazi na bazi bakra. Bakar je glavno biocidno sredstvo jer je efikasan protiv obraštanja pojedinih životinjskih organizama koje su su imune na bakar, stoga se najviše koristi u antivegetativnim premazima sa pojačivačima biocida (eng. *booster*). Kako je ovaj tip premaza štetan za okoliš, sve se manje koriste.

Samopolirajući (samozagladivi) premazi protiv obraštanja (*Self Polishing Copolymer SPC*). Samozagladivi premazi bi trebali imati rok trajanja i do 5 godina, no postoje brojni faktori koji uječu na to kao što je: područje plovidbe broda, karakteristike morske vode u kojoj brod plovi, intervali između dokovanja i sama brzina broda. Biocidi se otpuštaju u procesu hidrolize ili ionskom izmjenom između akrilnog polimera i morske vode isključivo u blizini površine (sloj tanji od 30 µm) što omogućava nadzor otpuštanja biocida i proizvodi efekat samopoliranja. Idealni su za primjenu na novogradnjama jer je zaštitni film čvrst i trajan. Glavni biocid je bakarni oksid i cink oksidom s pojačivačem kojim se brzo razgrađuje, a ne akumulira se u morskoj okolini. [6]

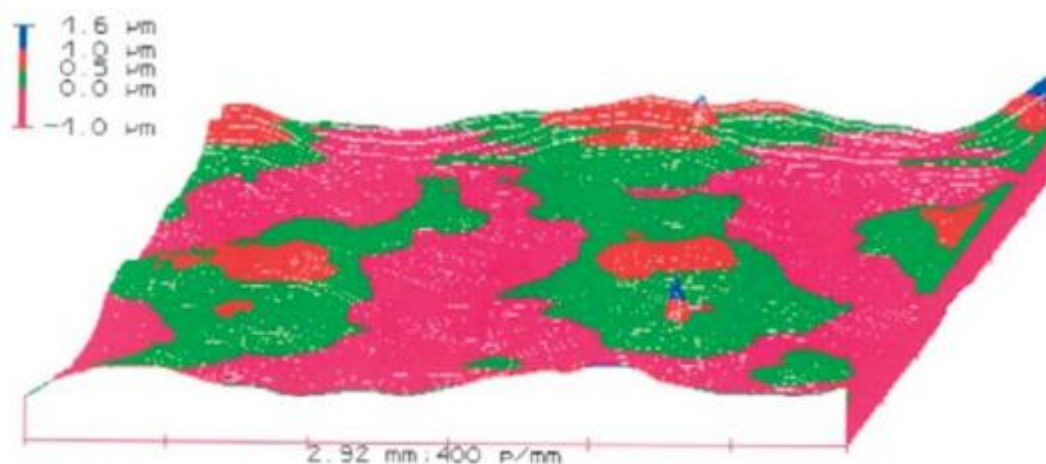
Samopolirajući premazi su se pokazali mnogo efikasnijima od konvencionalnih premaza zbog konstatnog otpuštanja biocida.



**Slika 6. Tekstura površine SPC premaza [6]**

Premazi na bazi otpuštanja obraslina (*Foul Release Coating, FRC*) predstavljaju tehnologiju kontrole obraštanja koja za razliku od klasičnih antivegetativnih boja ne sadrži biocide, pa ih se i ne može smatrati antivegetativnim premazom. Za razliku od kemijske barijere kod “normalnih” antivegetativnih premaza, ovi premazi stvaraju fizičku barijeru obraštanju. Najčešće su izrađeni na bazi silikona i stvaraju glatku vodonepropusnu površinu s malim koeficijentom trenja, na koju se živi organizmi ne mogu naseliti ili se teško naseljavaju. Organizmi koji se i nasele, veoma se lako odstranjuju samočišćenjem (kretanjem broda kroz vodu) ili pranjem niskotlačnim mlazom vode ili podvodnim neabrazivim četkanjem. [10]

Nedostaci ovog premaza su što je skuplji 5-10 puta od ostalih tipova premaza, te zbog svoje mekane površine je relativno osjetljiv na mehanička oštećenja.



**Slika 7. Tekstura površine foul-release premaza [6]**

### 3.2. SHOPPRIMERI

Shopprimeri su specijalna brzосуšeća premazna sredstva koja služe za privremenu radioničku zaštitu čeličnih limova i profila za vrijeme gradnje konstrukcije tj. do faze nanošenja specificiranog sustava premaza. Još se nazivaju i temeljnim premazima za pretkonstrukcije, a nanose se u radionicama neposredno poslije sačmarenja. [2]

Vrste shopprimera su:

- na bazi poluvinil butirala,
- epoksi shopprimer,
- cinksilikat shopprimer.

### 3.3. PROTUKLIZNI PREMAZI

Protuklizne boje (eng. *non-slip paints*) primjenjuju se na površinama za hodanje i voznim površinama kako bi se zadržalo svojstvo hrapavosti podloge i kad je mokra ili onečišćena uljem. Protuklizni učinak premaza je rezultat primjesa kao što su pijesak i kvarcni prašak koji nakon što se boja osuši, izbijaju na površinu prevlake i daju potrebnu hrapavost. Premazi se nanose u što tanjem filmu, a osnova im je epoksidno ili poliuretansko vezivo.[2] Protuklizni premazi se danas najčešće upotrebljavaju na rampama za prijevoz automobila.

### 3.4. PROTUPOŽARNE BOJE

Primjenju se za pasivnu protupožarnu zaštitu usporavajući zagrijavanje podloge do kritičnih temperatura koje mogu ugroziti nosivost konstrukcije. Protupožarna boja određeno vrijeme, oko 30 minuta, održava stabilnost konstrukcije i tako omogućava evakuaciju. Postoje dvije vrste protupožarnih boja-organske te anorganske. Od organskih boja najviše se upotrebljavaju ekspandirajuće, dok od anorganskih cemetne prevlake.

## 4. PRIMJENA TEHNIKE PREMAZIVANJA I DEBLJINA SLOJEVA

### 4.1. PRIPREMA ZA NANOŠENJE PREMAZA

Premazi se nanose već u brodogradilištima na novosagrađenim brodovima. Priprema površine je veoma bitna, jer samo tako može nastati jednoličan film bez nedostataka te dobro prijanjanje boje za površinu.

Nije preporučljivo bojati preko mokrih ili vlažnih površina. Zbog toga, operacija bojanja ukoliko je to moguće ne bi smjela provoditi kada postoji veliki postotak vlage u zraku. Očigledno je da je vrlo teško odrediti granicu vlage u zraku, iznad koje bi se nanošenje premaza trebalo izbjegavati, ali se usvojilo da je 85 % vlage u zraku razuman broj. [4]

Jednako je opasna praksa bojanja koja se sprovodi kada je temperatura izuzetno niska. Pri takvim uvjetima, može se dogoditi da površina bude vlažna ili čak pokrivena ledom. Pri tome postoji mogućnosti da će se boja smrznuti prije nego li se potpuno osuši. Zbog toga se kao donja granica uzima temperatura od -5°C. [4]

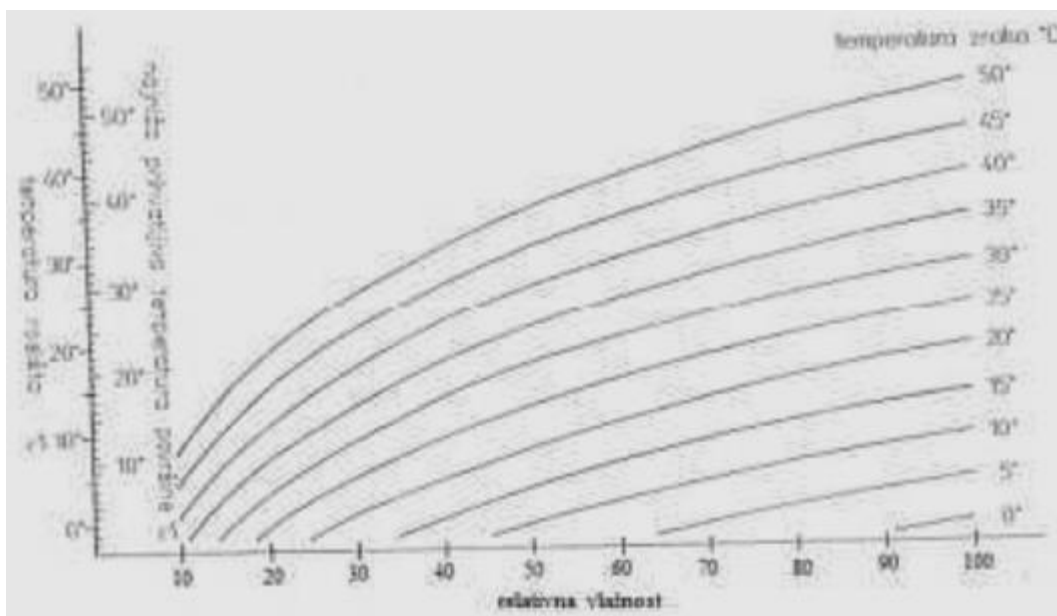
**Tablica 1. Opće prihvaćeni klimatski uvjeti za nanošenje boje [4]**

<b>Mikroklima:</b>	<b>Opšte prihvaćeni uslovi</b>
Relativna vlažnost	$\leq 85\%$
Temperatura površine	$> \text{temperatura rosišta} + 3^{\circ}\text{C}$
Temperatura farbe	$15\text{-}25^{\circ}\text{C}$

Priprema površine je ključna za optimalni vijek trajanja premaza jer nanošenje premaza na nepripremljenu podlogu rezultira nekvalitetnom zaštitom. Prema procjeni osiguravajućih društava čak je u 85% primjera razlog prijevremenog propadanja sustava zaštite loše pripremljena površina. [2]

Dakle, premazi se nanose samo na dobro pripremljenu i očišćenu površinu, u suprotnom dolazi do pojave nekvalitetne zaštite.





**Graf 2. Odnos između relativne vlažnosti, temperature zraka/površine [4]**

Za kvalitetnu pripremu površine, tj. predobradu potrebno je nekoliko operacija što ovisi o odabranoj tehnologiji presvlačenja. Njihov izbor i redoslijed primjene mogu znatno varirati ovisno o vrsti materijala, o postojećem stanju površine i o stanju površine koje treba postići, te o fazi izrade neke konstrukcije. Predobrada se načelno sastoji od :

- operacije odmašćivanja
- mehaničkih operacija
- kemijskih operacija. [2]

Odmašćivanje je neophodno napraviti kako bi se uklonile sve mineralne masne tvari sa površine metala. Odmašćivanje služi za odstranjivanje bioloških i mineralnih masnih tvari sa površine metala i neophodno je u pripremi površine za nanošenje prevlaka kako bi prevlaka dobro prijanjala na metalnu površinu. Masne tvari potječu od sredstava za hlađenje i podmazivanje pri mehaničkom oblikovanju obradaka odvajanjem čestica ili plastičnom deformacijom, od masnih prevlaka za privremenu zaštitu (za konzerviranje) ili od rukovanja golim rukama.[2]

Odmašćivanje metala i anorganskih nemetala se može provoditi fizikalnim otapanjem u hlapivim organskim otapalima, razrjeđivačima organskih premaznih

sredstava, tretiranjem lužnatim otopinama, te parnim i ultrazvučnim odmašćivanjem. Također se masne tvari mogu ukloniti i spaljivanjem na temperaturama većim od 180 °C, pazeći na pojavu čađe. Potpunost odmašćivanja ispituje se tkz. vodenim testom pri ispiranju. Kad je odmašćivanje dobro provedeno, voda koja kvasi odmašćene plohe tvori neprekinuti film koji se na podlozi zadržava minimalno 30 sekundi. Kad se taj film lomi odnosno dolazi do pojave tzv. suhih otoka ili se čak skuplja u kapljice, površina je još uvijek masna [2]

Mehaničko čišćenje može biti ručno i strojno. Ručno mehaničko čišćenje primjenjuje se samo na određenim manjim mjestima zbog sporosti izvedbe. Provodi se ručnim alatima kao što su četke, zavarivački čekići, dijelta i sl. Strojno mehaničko čišćenje je uvelike brže nego ručno, zbog korištenja električnih uređaja na koje se montiraju mehanički alati. Može biti čišćenje rotacijskim četkama te brušenjem. Čišćenje rotacijskim četkama primjenjuje se za manja oštećenja površine, dok brzina i gustoća četki određuju brzinu skidanja strugotina. Brušenjem se poboljšava kvaliteta površine materijala, a provodi se abrazivnim zrcima ugrađenim u rotacijske diskove koji se montiraju na brusilice.

Čišćenje vodenim mlazom je jedna od ekološki najprihvatljivijih načina, jer ne uključuje primjenu abraziva, već se samo temelji na energiji udara vode o površinu. Razlikuje se prema veličini tlakova koji se primjenjuju za provođenje postupaka. Ovaj način je osobito prikladan za popravak starih premaznih sustava, te se najviše upotrebljava pri remontu konstrukcija.



**Slika 8. Čišćenje vodenim mlazom [11]**

Nedostaci ovog postupka su nemogućnost postizanja većeg profila hrapavosti podloge te relativno brza pojava površinske korozije. Uzrok pojave korozije je neotpornost ugljičnog čelika na vodu, stoga se u vodu dodaju inhibitori kako bi spriječili pojavu rane korozije.

Čišćenje mlazom abraziva moguće je provesti suhim ili mokrim mlazom čestica čija se kinetička energija u trenutku sudara pretvara u mehanički učinak. Čestice mehanički uklanjaju rahla onečišćenja s površine i utiskuju materijal uz otvrdnjivanje. Učinak mlaza ovisi o tvrdoći čestica, brzini radnog medija, upadnom kutu mlaza te o obliku i veličini čestica. Tvrd abraziv je krhak i brzo se troši dok mekši abraziv asporbira suviše energije. U tom slučaju sredstvo više “kuje” sebe nego čisti površinu. Veće čestice će čistiti dublje, ali sporije od manjih čestica. [2]



**Slika 9. Čišćenje oplata broda mlazom abraziva [12]**

## 5. ODREĐIVANJE DEBLJINE SLOJA PREMAZA

Debljina sloja premaza utječe na postojanost kao i na vijek postojanosti premaza. Prevelika debljina premaza može imati za posljedicu pucanje i duže vrijeme sušenja. Debljina mokrog filma premaza se razlikuje od debljine suhog filma premaza zbog isparavanja tijekom faze sušenja, stoga je kontrola debljine premaza neophodna.

Kontrola debljine filma premaza provodi se sukladno normi HRN EN ISO 2808:2008, a obuhvaća:

- kontrolu debljine mokrog filma premaza *WFT*, (eng. *Wet Film Thickness*)
- kontrolu debljine suhog filma premaza, *DFT* (eng. *Dry Film Thickness*)

Na debljinu filma premaza utječe:

- tehnika nanošenja - kist, valjak, zračno ili bezračno prskanje,
- vrsta premaza koja se nanosi na površinu,
- uvjeti pri kojima se nanošenje izvodi - atmosferski utjecaji, vjetar, pristupnost površini,
- ljudski faktor - vještina ličioca,
- profil i kvaliteta pripremljene površine na koju se premaz nanosi. [2]

### 5.1. MJERENJE DEBLJINE MOKROG FILMA PREMAZA

Pod debljinom mokrog filma premaza podrazumjeva se debljina premaza neposredno nakon nanošenja na metalnu površinu. Ona je preduvjet za postizanje minimalne debljine suhog filma, stoga je kontrola neophodna. Kontrola se izvodi sa instrumentom „češalj“ koji se sastoji od redova zubaca s rastućim razmacima, sa kojih se poslije mjerenja, očitava debljina mokrog filma.

Debljina mokrog filma se računa preko formule: [4]

$$WFT(\mu m) = \frac{DFT(\mu m) \times 100}{(\%)}$$

WFT- debljina mokrog premaza

DFT-debljina suhog premaza



**Slika 10. Češalj za ispitivanje mokrog filma premaza [5]**

## **5.2. MJERENJE DEBLJINE SUHOG FILMA PREMAZA**

Mjerenje debljine suhog filma premaza najčešće se izvodi uređajima koji rade na principu magnetizma ili vrtložnih struja, a odabir uređaja ovisi o magnetičnosti podloge na koju je premaz nanesen.

Magnetski uređaji rade na principu privlačnih sila između permanentnog magneta i magnetične metalne podloge koje su obrnuto proporcionalne s udaljenošću među njima. Magnetski uređaji se primjenjuju za mjerenja debljine premaza na magnetičnim metalima. Mjerenje debljine premaza metodom vrtložnih struja temelji se na razlici u električnoj vodljivosti između premaza i podloge. Metoda vrtložnih struja primjenjuje se za mjerenje debljine premaza na nemagnetičnim metalnim podlogama. [2]

## 6. SIGURNOSNE MJERE PRI UPOTREBI PREMAZA

Razlikuju se tri tipa opasnosti:

- opasnost po okoliš
- opasnost od eksplozije i vatre,
- opasnost za ljudsko zdravlje.

### 6.1. OPASNOSTI ZA OKOLIŠ

Svjesnost o okolišu i ljudskom zdravlju je sve veća na globalnoj razini, pa su su i propisi u radu s premazima su sve stroži, dok se za proizvođače premaza postavljaju sve teži uvjeti. Državne vlasti, ali i razne organizacije donose propise. Jedan od velikih problema koji se javlja zbog toga je nemogućnost standardizacije propisa koji se odnose na premaze jer se propisi uvelike razlikuje od zemlje do zemlje. Međunarodna pomorska organizacija (IMO-International Maritime Organization) donijela je Međunarodnu konvenciju o kontroli štetnih premaza protiv obraštanja brodova (*International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships* - AFS Konvencija). Konvencija ima za cilj ukloniti odnosno ograničiti upotrebu štetnih sustava koje se koriste protiv obraštanja brodskog dna (podrazumjevaju premaz, boju, površinsku obradu ili sredstvo). Naime, znanstvene studije i istraživanja pokazala su da sredstva koja se koriste protiv obraštanja brodova u svom sastavu sadrže organske smjese koje zbog svoje toksičnosti štetno djeluju na morski okoliš i ljudsko zdravlje. Sa svrhom da se navedeni sustavi postupno uklone i zamjene manje štetnima ili neškodljivima za morski okoliš i ljudsko zdravlje Konvencija nameće obvezu državama strankama da zabrane ili ograniče upotrebu štetnih sustava protiv obraštanja na brodovima koji viju njezinu zastavu ili plove pod njezinom nadležnošću, kao i brodovima koji ulaze u luku, brodogradilište ili odobalni terminal na području države ove Konvencije. [13]

Na međunarodnoj diplomatskoj konferenciji održanoj u listopadu 2001. u Londonu usvojena je Međunarodna konvencija o kontroli štetnih premaza protiv obraštanja na brodovima kojom su doneseni zahtjevi u svezi premaza protiv obraštanja na brodovima, radi umanjenja ili uklanjanja njihovog štetnog djelovanja na pomorski okoliš i ljudsko zdravlje. U Dodatku 1. AFS Konvencije navedeni su zabranjeni premazi protiv obraštanja

(AFS) i odgovarajuće kontrolne mjere u svezi s njima (npr. zabrana primjene i/ili uklanjanje, neutralizacija u određenom roku).

Za sada se u Dodatku 1. nalazi samo AFS koji sadrže organske spojeve kositra, najčešće tributilkositar, (engl. tributyltin-*TBT*) za kojeg je dokazano da uzrokuje hormonske poremećaje kod morskih organizama. Kao kontrolna mjera zahtijeva se sljedeće:

- Od 1. siječnja 2003. zabranjuje se korištenje navedenog AFS-a na svim brodovima, plovilima tehničkim plovećim i plutajućim objektima, uključivo fiksnim i plutajućim odobalnim platformama (brodovima), neovisno o području plovidbe;

- Brodovima građenim prije 1. siječnja 2003., koji nisu bili u doku nakon 1. siječnja 2003., zabranjuje se, najkasnije, od 1. siječnja 2008.: [14]

- korištenje AFS-a na bazi TBT-a; ili
- ako imaju takav AFS, on mora biti djelotvorno neutraliziran odgovarajućim premazom (premosni premaz).

## 6.2. OPASNOSTI OD EKSPOLOZIJE I VATRE

Za nastanak požara potrebno je prisustvo kisika, topline te gorive tvari. Plinovi i pare zapaljivih tekućina mogu gorijeti plamenom ili eksplodirati. Da bi se pare mogle zapaliti ili eksplodirati, tekućinu treba zagrijati na određenu temperaturu, što se naziva plamištem. Plamište je najniža temperatura na koju treba zagrijati upaljivu tekućinu da se iznad njezine površine nakupi dovoljna količina pare, što se u dodiru s otvorenim izvorom paljenja može zapaliti. [15]



Slika 11. Trokut gorenja [15]

Zapaljive tekućine same ne gore već njihove pare, a nisu sve podjednako opasne. Mogu se klasificirati prema točki plamišta tj. temperaturi pri kojoj dolazi do iskrenja, pri normalnom tlaku zraka. Na temelju članka 6. stavka 3. Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima (Narodne novine 108/95) glasi: zapaljive tekućine su tvari koje imaju penetraciju veću od 300 jedinica penetracije (1/10 mm) određenu prema normi za metode ispitivanja bitumena HRN U.M8.010 i čiji je tlak pare na 323,15 K (50° C) manji od 300 kPa (3 bara), a dijele se prema temperaturi plamišta na upaljive (lako zapaljive) tekućine čija je temperatura plamišta jednaka ili manja 311,15 K (38° C) i gorive tekućine čija je temperatura plamišta iznad 311,15 K (38° C). [16]

Kada dođe do miješanja para ili plinova u određenom omjeru s zrakom stvara se eksplozivna smjesa. Taj omjer ovisi o granicama eksplozivnost, odnosno o području eksplozivnosti. Što je područje eksplozivnosti šire, to je plin ili para opasnija. Dovoljna je samo jedna iskra da se ta smjesa zapali ili da nastane eksplozija ili požar. Iskrenje je gotovo nemoguće spriječiti, jer ono može nastati na različite načine (upotreba metalnog alata, električna struja, potkovice ili čavli cipela, elektromotori i sl.). Kada su u pitanju granice eksplozivnost postoje tri stupnja koja se javljaju prije stvaranja vatre:

- Gornja granica - maksimalna koncentracija zapaljive pare ili plina u zraku koja će u slučaju zapaljenja izazvati eksploziju,
- Donja granica - minimalna koncentracija zapaljive pare ili plina u zraku koja će u tom slučaju zapaljenja izazvati eksploziju.

Točka paljenja - najniža temperatura na kojoj tekućina oslobađa dovoljno pare da bi se stvorila smjesa s zrakom, koja u slučaju paljenja može stvoriti plamen, ali ne može nastaviti goriti - to je razlika između točke paljenja i temperature gorenja. [4]

### **6.3. OPASNOSTI ZA LJUDSKO ZDRAVLJE**

Rad s bojama u zatvorenom prostoru sa slabom ventilacijom može imati opasne posljedice za ljudsko zdravlje. Opasnost od trovanja ovise o vremenu izloženosti, količine otrovnih tvari, te o samom procesu. Većinom dolazi do laganih slučajeva trovanja sa simptomima kao što su vrtoglavice, glavobolje, neraspoloženja te mučnine.

Kada se radi sa bojama u zatvorenim prostiru gdje je ventilacija slaba, isparenja organskih rastvora predstavljaju potencijalnu opasnost po zdravlje. Opasnost od trovanja zavisi od prirode otrovne supstance, količine kojoj je čovjek izložen, njenog stanja,



veliĉine i gustoće ĉestica, te od samog radnog procesa. Ozbiljna akutna trovanja sa gubitkom svijesti nakon kratke ali jake izloženosti, rijetko se susreću. Najĉešći sluĉajevi trovanja su lagani, akutni napadi sa simptomima poput: [4]

- vrtoglavice,
- glavobolje,
- neraspoloženja,
- pospanosti i muĉnine.

Simptomi nakon jednokratnog izlaganja nestaju jako brzo, dok kod svakodnevnog izlaganja otrovnim tvarima dolazi do kroniĉnih simptoma. Opasnost po ljudsko zdravlje se moţe izbjeći pravilnim rukovanjem te osiguravanjem pravilnih radnih uvjeta (ventilacijom, upotrebom sredstava respiratorne zaštite te odgovarajuće odjeće, izbjegavanjem neposrednog dodira sa kemikalijama itd.). Simptomi se mogu pojaviti u toku dana ili se osjećaju tek nakon radnog vremena. Kod jednokratnog izlaganja, simptomi obično brzo nestaju. Međutim, kod svakodnevnog izlaganja ĉak i neznatnijim utjecajima otrovnih supstanci, moţe doći do kroniĉkih stanja, jer jedan simptom ne stigne ni isĉeznuti, a već se javlja drugi. U sluĉajevima teškog akutnog trovanja sa gubitkom svijesti, moţe doći do kroniĉkih tjelesnih oštećenja. [4]



**Slika 12. Međunarodna oznaka za opasnosti od otapala [4]**

Koţna oboljenja su takoĉer moguća posljedica nepravilnog rukovanja kemikalijama. Otapala i razrijeĉivaĉi suše koţu, stoga moţe doći do pojave ekcema ili dermatitisa. Uzrok pojave nije u samom rukovanju bojama već u nepravilnom pranju ruku razrijeĉivaĉima. Pravilan postupak je oprati ruke u hladnoj ĉistoj vodi, te skinuti boju

krpom natopljenom razrijeđivačem, te ponoviti postupak pranja u čistoj vodi. U slučaju trovanja potrebna je hitna lječnička intervencija, a unesrećenom osigurati dotok svježeg zraka. Lakše opekotine se tretiraju hladnom vodom, dok u slučaju zahvaćene odjeće vatrom, unesrećenog treba položiti na pod te gasiti vatru pokrivačem ili nečim sličnim.



**Slika 13. Primjer opekotina od kiseline [4]**

## 7. INSPEKCIJA PREMAZA

Kao što je već spomenuto doneseni propisi vezani uz premaze su izdani od strane IMO-a (AFS konvencija, PSPC - *Performance Standars for Protective Coatings*), kao i sva uputstva vezana sa inspekciju premaza. Prije svega inspekcijski ugovori moraju biti dogovoreni sa vlasnikom broda, proizvođačem premaza te brodogradilištem, koju će brodogradilište prije bilo kakvog početka izvođenja premaza, predložiti kako bi se utvrdilo da radovi udovoljavaju minimalnim propisanim zahtjevima. U ovom poglavlju navedene su procedure prilikom inspekcije i popravke premaza opisane u *The application and inspection of marine coating systems*, američkog klasifikacijskog društva *American Bureau of Shipping ABS*. [17]

### 7.1. IMO PSPC STANDARD

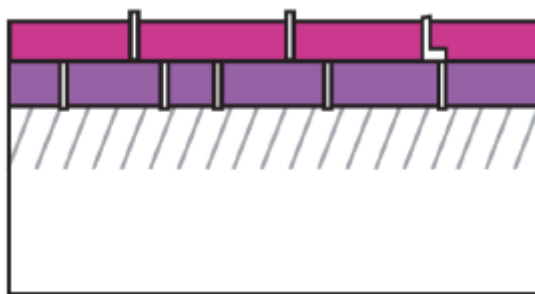
Kako bi se olakšao i ubrzao proces inspekcije moraju biti dostupni za pregled:

- planirano područje premazivanja,
- odabir sistema zaštite,
- svi tehnički dokumenti (*Type Approval of the coating system, Technical Data Sheets and the Material Safety Data Sheets*),
- kvalifikacije ovlaštenih inspektora koji su odgovorni za provjeru premaza (ukoliko ih je više treba biti istaknuta odgovornost svakog za pojedina područja premazivanja),
- specifikacije inspekcije za pripremu površine premazivanja, kao i
- detaljnim procedurama i kriterijima tijekom izgradnje broda. [17]

U skladu s IMO standardima svojstava zaštitnih premaza (eng. *Performance Standars for Protective Coatings*, PSPC) pri izboru premaza treba uzeti u obzir da je očekivani vijek trajanja premaza 15 godina.

Od proizvođača prevlaka očekuje se da osigura brodogradilištu kopije tehničkih podataka, tablice sigurnosnih materijala i potvrdu o odobrenju tipa za svaki sustav premaza koji će se koristiti (*copies of the Technical Data Sheets, Materials Safety Data Sheets and the Type Approval Certificate*), a od brodogradilišta se zahtjeva da pripremi i dostavi popis svih površina predviđenih za bojanje, zajedno sa općim nacrtom broda. [17]

Za svako primjećeno odstupanje potrebno je upoznati inspektora s problemom, koji je odgovoran za provedbu pravih mjera. U slučaju da neke radnje nisu riješene na zadovoljavajući način, ABS će o tom obavijestiti brodogradilište. U slučaju da neke određene radnje nisu prihvatljive pomorskoj administraciji, potrebno je obavijestiti brodogradilište. Neće se izdati potvrda o sigurnosti putničkog broda ili potvrde o sigurnosti teretnog broda ili certifikata o sigurnosti teretnog broda dok sve potrebne korektivne radnje ne budu napravljene na zadovoljstvo pomorske administracije. ABS, koji djeluje u ime pomorske administracije, provjerava sukladnost sadržaja *Coating Technical Files* (CTF) s IMO PSPC-om i izdavanje odgovarajućeg certifikata. [17]



**Slika 14. Shematski prikaz poroznosti u sustavu sa dva sloja [17]**

Čimbenici koji utječu na trajanje premaza su:

- propusnost kisika,
- propusnost vodene pare,
- ulazak tekuće vode,
- ionska propusnost,
- poroznost premaza.

Što je deblji premaz, to je manja koncentracija prisutnosti nedostataka, te je manja vjerojatnost da će pore doprijeti od površine do čelika. Mogućnost prodiranja pora kroz jedan sloj premaza je veća nego kroz dvostruki ili višeslojni sistem iste ukupne debljine. Postoji mogućnost prodiranja pora kroz oba sloja, jer se pore u donjem sloju mogu ponašati kao mjesto nukleacije prema porama premaza iz gornjeg sloja. [17]

Međutim, zbog predebelog sloja u ovojnici može doći do stvaranja unutarnjih naprezanja i naposljetku doći do pucanja, te zbog toga debeli sloj premaza nije nužno bolji izbor. Stoga bi trebalo slijediti preporuku proizvođača o debljini suhog filma DFT (eng. *Dry Film Thickness*) i broju slojeva.

Da bi se postigli specifični debljina suhog filma s dobrim prijanjanjem na čelik, preporuča se četkanje (eng. *stripe coating*) zavarenih spojeve te rubova prije primjene premaza za raspršivanje. Oni postaju uobičajena praksa za novi proces izgradnje. Također se primjenjuju tijekom održavanja i popravaka. Procesi primjene raspršivanja i inherentna priroda boja u tekućem stanju uzrokuju da se prevlaka povuče s oštih rubova, što rezultira stvaranjem tankog filma na rubovima. Zbog posljedica oštih rubova IMO PSPC (eng. *Performance Standards for Protective Coatings*) zahtjeva brušenje oštih rubova, te zavarivanje. IMO PSPC je postavio minimum od 2 mm okruglog ruba nakon brušenja i zavarivanja. Osim toga, IMO PSPC zahtjeva barem dva nanošenja tzv. *stripe coating*-om, ali se drugi sloj može smanjiti kod zavarenih šavova samo ako ukupna debljina suhog filma odgovara postavljenom propisu. Svrha tog sloja premaza je dodatna debljina premaza (po mogućnosti oko 30  $\mu\text{m}$ ) oko ranjivih područja kao što su rezni rubovi, zavareni spojevi i otvori za odvod. [17]

## **7.2. ODRŽAVANJE I POPRAVAK ZAŠTITNIH PREMAZA PREMA ABS-U**

Cilj održavanja i popravaka zaštitnih premaza je omogućiti trajnost od 15 godina sistema premaza u tankovima balasta, a za vrijeme tog perioda balasti se trebaju održati u dobrom stanju definiranom u rezoluciji izrazom „GOOD CONDITION“ u odnosu na početno stanje. Ipak, životni vijek sistema premaza ovisi o nekoliko čimbenika kao što su: tip premaznog sustava, konstrukcija, te stvarni uvjeti okoline. Najvažniji čimbenik je pravilno održavanje te popravljivanje premaza u ranoj fazi prije nego što se pojave prvi znakovi korozije.

Održavanje (eng. *maintenance*) podrazumijeva manje popravke premaza koje izvode članovi posade broda koristeći opremu na brodu kako bi premaz ostao u dobrom stanju ili zadovoljavajućem stanju (eng. *FAIR CONDITION*). Pravilnim održavanjem moguće je usporiti propadanje premaza.

Popravci (eng. *repair*) podrazumijevaju veće zahvate i obnovu premaza, koji se najčešće izvode tijekom redovnog dokovanja broda kako bi se premazi iz lošeg (eng. POOR CONDITION) ili zadovoljavajućeg stanja vratili u dobro stanje. Za izvođenje popravaka potrebna je posebna oprema koju brodogradilište treba posjedovati kao što su skele, oprema za pjeskarenje te ventilacija. Stanje premaza se kategorizira prema stupnju oštećenosti pri vizualnom pregledu kao dobro stanje, zadovoljavajuće, te loše stanje.

- Dobro stanje definirano je sitnim mrljama hrđe bez vidljivih oštećenja premaza na manje od 3% promatrane površine. Hrđanje na rubovima te zavarenim mjestima je manje od 20%.
- Zadovoljavajuće stanje označava oštećenje ili prodiranje hrđe na manje od 20% promatrane površine. Tvrdokorna hrđa je na području manjem od 10% , a hrđanje na rubovima te zavarenim mjestima je manje od 50%.
- Loše stanje označava oštećenje ili prodiranje hrđe na više od 20% promatrane površine, a tvrdokorna hrđa je jednaka ili veća od 10% područja. Hrđanje na rubovima te zavarenim mjestima je više od 50% promatrane površine. [17]

**Tablica 2. Stanje premaza [17]**

**“GOOD”, “FAIR”, and “POOR” Coating Conditions**

<i>Considered Area</i>	<i>Coating Condition</i>		
	<i>GOOD</i>	<i>FAIR</i>	<i>POOR</i>
Area under consideration <sup>(1)</sup>	Spot rusting without visible coating failures is < 3% of the area.	Breakdown of coating or rust penetration is ≥ 3% but < 20% of the area. Hard rust scale is < 10% of the area.	Breakdown of coating or rust penetration is ≥ 20% of the area. Hard rust scale is ≥ 10% of the area.
Edges/welds <sup>(2)</sup>	Rusting in the area is < 20% of edges or weld lines.	Rusting in the area is ≥ 20% but < 50% of edges or weld lines.	Rusting in the area is > 50% of edges or weld lines

Notes:

- 1 % is the percentage calculated on basis of the area under consideration or of the “critical structural area”. Spot rusting is rusting in spots without visible failure of coating.
- 2 % is the percentage calculated on basis of edges or weld lines in the area under consideration or of the “critical structural area”.

**Tablica 3. Kriteriji ocjenjivanja provjere za ABS [17]**

**Inspection Grading Criteria for the ABS Hull Inspection and Maintenance Program (HIMP)**

<i>Regulations</i>	<i>ABS HIMP Program</i>			
<i>Coating Condition</i>	<i>Grading Point</i>	<i>Condition Description</i>	<i>Risk Level</i>	<i>Color Code</i>
Good	0	Excellent coating with negligible indication of coating failure	Very Low	Green
	1	Minor spot rusting	Low	
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spot rusting without visible coating failure is &lt; 3% of the area under consideration.</li> <li>Rusting is &lt; 20% of edges or weld lines.</li> </ul>	Low – Medium	
Fair	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breakdown of coating or rust penetration is <math>\geq 3\%</math> but &lt; 10% of the area.</li> <li>Hard rust scale is &lt; 5% of the area.</li> <li>Rusting in the area is <math>\geq 20\%</math> but &lt; 35% of edges or weld lines.</li> </ul>	Medium	Yellow
	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breakdown of coating or rust penetration is <math>\geq 10\%</math> but &lt; 20% of the area.</li> <li>Hard rust scale is <math>\geq 5\%</math> but &lt; 10% of the area.</li> <li>Rusting in the area is <math>\geq 35\%</math> but &lt; 50% of edges or weld lines.</li> </ul>	Medium – High	
Poor	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breakdown of coating or rust penetration is <math>\geq 20\%</math> but &lt; 30% of the area.</li> <li>Hard rust scale is <math>\geq 10\%</math> but &lt; 20% of the area.</li> <li>Rusting in the area is <math>\geq 50\%</math> but &lt; 75% of edges or weld lines.</li> </ul>	High	Red
	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breakdown of coating or rust penetration is <math>\geq 30\%</math> of the area.</li> <li>Hard rust scale is <math>\geq 20\%</math> of the area.</li> <li>Rusting in the area is <math>\geq 75\%</math> of edges or weld lines.</li> </ul>	Very High	

Pri održavanju premaza na brodovima potrebno je razmotriti sljedeće: [17]

- sigurnost, uključujući uvjete za ulazak u tankove,
- čišćenje površine tankova,
- čišćenje ostataka soli slatkom vodom,
- uklanjanje hrđe.
- uklanjanje rupičaste korozije,
- nadzor temperature i kondenzacije,
- ventilaciju,
- kompatibilnost sustava premaza.

Preporuka odnosno postupci za održavanje (eng. *recommended maintenance*) su sljedeći: [17]

- pranje tankova nafte, skidanje slojeva ulja te kaljuže,
- ispiranje svježom vodom,
- sušenje,

- priprema površine, struganje,
- zaštita anodama, po potrebi,
- nanošenje premaza.

**Tablica 4. Preporuke za održavanje premaza prema ABS-u [17]**

**Recommended Maintenance**

<i>Purpose</i>	<i>Surface Preparation</i>	<i>Coating System</i>	
		<i>Coating Type</i>	<i>Dry Film Thickness (DFT)</i>
Maintain affected areas: GOOD to GOOD or FAIR to FAIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Removal of mud, oil, grease, etc. Suitable oil tank cleaning is needed</li> <li>• Fresh water washing to remove salts</li> <li>• Drying and ventilation/dehumidifier</li> <li>• Repair of pitted areas if any in accordance with the Class steel requirement</li> <li>• St 3 or equivalent or better of surface preparation</li> <li>• Check ambient conditions before coating is applied and apply coating according to manufacturer's recommendation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epoxy-based system</li> <li>• The maintenance coating specified in CTF or the same coating system as was originally employed or according to manufacturer's recommendation</li> </ul>	According to manufacturer's recommendation

Treba uzeti u obzir sljedeća bitne čimbenike kod poduzimanja popravaka u brodogradilištima: [17]

- sigurnost, uključujući uvjete za ulazak u tankove,
- čišćenje površine tankova,
- postavljanje skela, po potrebi,
- odmašćivanje ukoliko ima ostataka ulja, čišćenje ostataka soli slatkom vodom,
- uklanjanje hrđe,
- uklanjanje rupičaste korozije,
- nadzor temperature i kondenzacije,
- ventilacija / prozračivanje, po potrebi,
- kompatibilnost premaznog sustava,
- nanošenje premaza tzv. stripe coating-a, na teško dostupnim područjima,
- nadzor kvalificiranih inspektora.

Veća kontrola pri popravcima premaza može se postići izvođenjem popravaka u doku. Veoma je bitno da su sve uključene osobe u ovaj postupak, uključujući i izvođače radova, kvalificirane za taj posao. Posao nagledaju ovlašteni inspektori, te se preporučava



da cijela dokumentacija o planiranom procesu, kao i rezultati ispitivanja budu poslani na pregled ABS-u.

**Tablica 5. Preporučeni dugoročni popravci za tankove balastnih voda [17]**

<b>Recommended Medium and Long-term Repairs of PSPC Ballast Tank Coatings</b>				
<i>Purpose</i>	<i>Surface Preparation</i>	<i>Coating System</i>		
		<i>Service Target</i>	<i>Coating System</i>	<i>Dry Film Thickness (DFT)</i>
Repair affected areas to GOOD: FAIR to GOOD or POOR to GOOD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Removal of mud, oil, grease, etc.</li> <li>Fresh water rinsing</li> <li>Drying</li> <li>De-scaling</li> <li>St 3 or Sa 2½ for FAIR condition</li> <li>Sa 2½ for POOR condition</li> <li>Intact coating next to damaged area should be feathered</li> <li>Total water soluble salts 80 mg/m<sup>2</sup> (1.14 × 10<sup>-7</sup> psi) NaCl max. or manufacturer's recommendation, whichever more stringent</li> <li>Climatic control</li> </ul>	Medium term – 10 years of target life, not recommended for vessels less than 5 years of age	<ul style="list-style-type: none"> <li>Approved PSPC-SWBT Coating system</li> <li>The coating system same as or compatible with or equivalent to the one originally applied, according to manufacturer's recommendation</li> </ul>	250 µm (10 mil) NDFT with minimum 2 spray coats and 2 stripe coats
		Long term – More than 10 years of target life		320 µm (12.6 mil) NDFT with minimum 2 spray coats and 2 stripe coats

Proces popravka uključuje: [17]

- pranje tankova, ispiranje kaljuže te ostataka ulja,
- ispiranje vodom,
- sušenje,
- ljuštenje odljepljenih fragmenata ručnim struganjem, a u balastnim tankovima to može uključivati i uporabu magnezija. Odabir metode za pripremu površine ovisi o površinama i razini oštećenja premaza kao i o planiranom životnom ciklusu
- zaštita anodama,
- nanošenje premaza.

**Tablica 6. Preporučeni kratkoročni popravci za tankove sirove nafte [17]**

**Recommended Short-term Repair of PSPC Crude Oil Tank Coatings**

Purpose	Surface Preparation	Coating System		
		Service Target	Coating System	Dry Film Thickness (DFT)
Repair affected areas to GOOD: FAIR to GOOD or POOR to GOOD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Removal of mud, oil residues, grease, etc. thorough tank cleaning</li> <li>Drying</li> <li>St 3 or Sa 2</li> <li>Intact coating next to damaged area should be feathered</li> <li>Total water soluble salts 80 mg/m<sup>2</sup> (1.14 × 10<sup>-7</sup> psi) NaCl max. or manufacturer's recommendation, whichever more stringent</li> <li>Climatic control</li> <li>Pit repair to the Class requirement</li> </ul>	Short term repair – Not recommended for tankers less than 1.5 years (18 months) of age	<ul style="list-style-type: none"> <li>Approved PSPC-COT Coating system</li> <li>The coating system same as or compatible with or equivalent to the one originally applied, according to manufacturer's recommendation</li> </ul>	250 µm (10 mil) NDFT with minimum two spray coats and two stripe coats
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Same as above except for min. cleanliness Sa 2 to Sa 2½ is required</li> </ul>	Medium term repair – Not recommended for tankers less than 10 years of age		280 µm (11 mil) NDFT with minimum two spray coats and two stripe coats
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Same as above except for min. cleanliness Sa 2½ is required</li> </ul>	Long term repair – Required for tankers less than 5 years of age		320 µm (12.6 mil) NDFT with minimum two spray coats and two stripe coats

*Note:* For partial or small spot area repairs, it is well understood that these recommendations might not be possible, but suitable preparation for the coating system being used should be according to the coating manufacturer's recommendation.

Održavanje i popravci trebaju biti u skladu sa procedurama te preporukama navedenim u tehničkoj dokumentacija premaza (eng. *Coatings Tehnical File, CTF*). Ako uvjeti ne zadovoljavaju propisanim uvjetima, brodogradilište treba predložiti nove postupke sa kojima se trebaju složiti brodovlasnik te proizvođač premaza. Za održavanje premaza CTF minimalno treba sadržavati sljedeće:

- kopiju tehničkog lista, koja uključuje, minimum:
  - naziv proizvoda i identifikacijsku oznaku i / ili broj,
  - sastav premaza, komponente te boju premaza,
  - minimalna i maksimalna debljina suhog filma (DFT),
  - metode nanošenja, alati i / ili strojevi,
  - stanje površine na koju se nanosi premaz (razrjeđivanje, čistoća, profil),
  - ograničenja okoline (temperatura i vlažnost zraka).
- podatke o aktivnostima održavanja premaza, uključujući:
  - stvarni prostor i površina [u kvadratnim metrima] planirane površine bojenja,
  - način pripreme površine (odmašćivanje, pranje vodom, sušenje itd.).

- stanje okoline (temperature i vlažnosti) tijekom popravljavanja i nanošenja premaza,
- vrijeme i metoda nanošenja (četkanje - četka ili valjak). [17]

Za popravke CTF treba sadržavati barem sljedeće:

1. kopiju potvrde o sukladnosti
2. kopiju tehničkog lista, uključujući:
  - naziv proizvoda i identifikacijska oznaka i / ili broj,
  - sastav premaza, komponente te boju premaza,
  - minimalna i maksimalna debljina suhog filma (DFT),
  - metode nanošenja, alati i / ili strojevi,
  - stanje površine koju treba obojati (razrjeđivanje, čistoća, profil itd.)
  - ograničenja okoline (temperatura i vlažnost zraka).
3. zapise o popravcima premaza u brodogradilištu, uključujući:
  - stvarni prostor i površinu (u kvadratnim metrima) na koju se nanosi premaz,
  - način pripreme površine (odmaščivanje, pranje slatkom vodom, sušenje itd.),
  - sustav premaza i metoda nanošenja premaza,
  - vrijeme premazivanja, debljina sloja, broj slojeva itd.,
  - stanje okoline (temperatura i vlažnost) tijekom primjene premaza.
4. zapisnik o premazima izdan od strane inspektora, u kojem navodi da je premaz upotrebljen sukladno sa specifikacijama na zadovoljstvo predstavnika dobavljača premaza, te eventualna navedena odstupanja
5. ovjerena izvješća inspekcije brodogradilišta, uključujući:
  - datum završetka pregleda,
  - rezultat inspekcije,
  - napomene (ako ih ima),
  - potpis inspektora,
  - postupke za održavanje i popravak sustava premaza tijekom uporabe [17]



Slika 15. Popravci na brodu [17]

### 7.3. SMJERNICE ZA KONTROLU ANTIVEGETATIVNIH PREMAZA

Provedbene prakse za kontrolu i upravljanje obraštanja mogu uvelike pomoći u smanjenju rizika prijenosa invazivnih vodenih vrsta. Smjernice za kontrolu i upravljanje obraštanja služe kako bi se smanjio prijenos invazivnih vodenih vrsta iz Smjernice IMO-a The Marine Environment Protection Committee (MEPC.207(62)). Usvojen je 15. srpnja 2011. godine kako bi se osigurao globalno dosljedan pristup upravljanju obraštanja brodskih trupova. Takav pristup upravljanja također može poboljšati brodski hidrodinamički učinak, te može biti učinkovit alat za povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje emisija u zrak iz brodova. Ovaj koncept prepoznaje IMO Rezolucija MEPC.213 (63), usvojenog 2. ožujka 2012. godine pod nazivom *Smjernice za izradu plana upravljanja energetske učinkovitosti brodova* (eng. *Guidance for the development of a ship energy efficiency management plan* (SEEMP)). [17]

ABS može pružiti pomoć brodovlasnicima i proizvođačima AFS premaza u pogledu zahtjeva AFS konvencije. Za plovila klasificirana u ABS-u mogu se izdati sljedeća dokumentacija radi usklađenosti:

- Zakonska izjava o sukladnosti (eng. *Statement of Compliance* - SOC) u ime pomorske administracije zastave plovila ili
- Izjava o dobrovoljnoj usklađenosti (eng. *Statement of Voluntary Compliance* - SOVC) na zahtjev vlasnika broda, ako nije primljena nikakva dozvola od pomorske administracije.

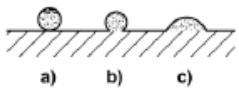
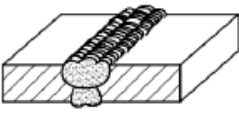


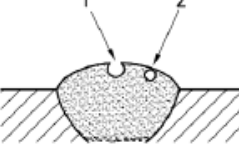

Da bi se udovoljilo gore navedenom, potrebno je poslati na pregled prije izdavanja potvrde pregleda sljedeće:

- vrstu sustava protiv obraštanja,
- naziv proizvođača sustava protiv obraštanja,
- naziv i boja sustava protiv obraštanja,
- aktivni sastojci i njihov registarski broj (eng. *Chemical Abstract Service Registry Number (CAS number)*),
- kopija računa ili ugovora za kupnju premaza. [17]

#### **7.4. IMO ZAHJEVI ZA PREVENCIJU KOROZIJE BALASNIH TANKOVA NA BRODOVIMA**

IMO organizacija propisala je dva PSPC standarda, iz SOLAS (eng. *International Convention for the Safety of Life at Sea*) propisa SOLAS II-1 / A-1 / 3-2 i 3-11. SOLAS II-1 / A-1 / 3-2 sadrži zahtjeve koji se odnose na balastne tankove na svim vrstama brodova i dvostrukim dnom za bulk brodove, a SOLAS II-1 / A-1 / 3-11 regulira zahtjev PSPC za teretne spremnike nafte na tankerima za prijevoz sirove nafte.

Table 1 — Imperfections and preparation grades

Type of imperfection		Preparation grades		
Description	Illustration	P1	P2	P3
<b>1 Welds</b>				
1.1 Welding spatter		Surface shall be free of all loose welding spatter [see a)]	Surface shall be free of all loose and lightly adhering welding spatter [see a) and b)]  Welding spatter shown in c) may remain	Surface shall be free of all welding spatter
1.2 Weld ripple/profile		No preparation	Surface shall be dressed (e.g. by grinding) to remove irregular and sharp-edged profiles	Surface shall be fully dressed, i.e. smooth
1.3 Welding slag		Surface shall be free from welding slag	Surface shall be free from welding slag	Surface shall be free from welding slag
1.4 Undercut		No preparation	Surface shall be free from sharp or deep undercuts	Surface shall be free from undercuts
1.5 Weld porosity	 <b>Key</b> 1 visible 2 invisible (might open after abrasive blast cleaning)	No preparation	Surface pores shall be sufficiently open to allow penetration of paint, or dressed out	Surface shall be free from visible pores
1.6 End craters		No preparation	End craters shall be free from sharp edges	Surface shall be free from visible end craters

Slika 16. Prikaz pripreme zavarivanja Standard ISO 8501-3 [17]

IMO PSPC specificira dva različita površinskog tretmana, jedan za blok fazu i jedan za fazu montaže. Sekundarna priprema površine u blok fazi se provodi nakon završetka rada sa čelikom, te nakon što je prihvaćen od službe nadzora kvalitete brodogradilišta, inspektora koji zastupa vlasnika i inspektora klasifikacijskog društva (eng. *Class Surveyor*). Priprema površine može se izvoditi u zatvorenom prostoru i pod kontroliranim uvjetima. Čelična površina mora biti pripremljena tako da se premaz može ravnomjerno raspodjeliti (eng. *The Nominal Dry Film Thickness*, NDFT) uklanjanjem zavarenih zrnaca, zavarenih mrlja i bilo kojeg drugog površinskog onečišćenja. Priprema rubova obično se postiže trostrukim brušenjem ili bilo kojim drugim postupkom koji je dokazano da osigurava zaobljeni polumjer najmanje 2 mm. Bitno je provjeriti da je površinsko brušenje završeno prije pjeskarenja. Ako se brušenje provodi nakon pjeskarenja može doći do oštećenja površine, te preuranjenog skidanja premaza. [17]

## 8. ZAKLJUČAK

Brodski trup je najveći predmet održavanja na brodu, stoga su i troškovi održavanja trupa najveći. Korozija i njene posljedice imaju izravan utjecaj na čvrstoću broskog trupa, te na opću sigurnost broda. Korozija izaziva nenamjerno razaranje konstrukcijskih materijala, nanoseći velike troškove pomorstvu. Pravilnim tretiranjem korozije i preventivnim mjerama može se uvelike produžiti životni vijek broda. Metode zaštite korozije se dijele na: izbor materijala i druge konstrukcijske mjere, elektrokemijsku zaštitu te zaštitne prevlake. Premazi su se pokazali kao najbolje sredstvo u borbi protiv korozije, stoga se javljaju kao najčešći oblik zaštite od korozije. Naime, štite strukturu od propadanja i/ili obraštanja te imaju i dekorativnu ulogu. Antikorozivni premazi se nanose na sve metalne dijelove broda, dok se protuobraštajni nanose na uronjeni dio trupa.

Kroz povijest su se razvile mnoge metode zaštite od obraštanja, pojavili su se premazi koji su se pokazali štetnim za okoliš te životinjski organizam u moru, stoga se danas većinom stavlja naglasak na premaze koje nisu štetni za okoliš. Već u doba Grka i Rimljana ljudi su počeli koristiti boje kao zaštitno sredstvo, ali tek s dolaskom industrijske revolucije premazi ulaze u široku upotrebu zbog široke pojave čelika. Glavni sastojci premaza su: vezivo, pigment, otapalo te aditivi. Postoji više podjela premaza, a jedna od njih je i prema načinu sušenja, tako razlikujemo fizikalno sušive premaze, premaze koji se suše oksidacijom te premaze koji očvrstnu kemijskim putem.

Pravilna priprema površine za nanošenje premaza od iznimne je važnosti, jer u suprotnom dolazi do zaštite koja rezultira lošom kvalitetom, te kratkim vijekom trajanja premaza. Također, na kvalitetu premaza bitno utječe i debljina nanešenog sloja, tako se razlikuje debljina suhog te mokrog sloja premaza zbog isparavanja tijekom sušenja.

Specijalni premazi su premazi koji uz zaštitu imaju još dodatno svojstvo. Tako se u pomorstvu od specijalnih premaza najviše upotrebljavaju antivegetativni premazi, shopprimeri, protuklizni premazi te protupožarne boje.

Razlikujemo tri tipa opasnosti od premaza, to su opasnosti za okoliš, ljudsko zdravlje te opasnosti od eksplozije i požara. Pravilno rukovanje premazima, poštovanje propisa i procedura su od iznimne važnosti.

Međunarodna konvencija o kontroli štetnih premaza protiv obraštanja na brodovima ima za cilj ukloniti upotrebu štetnih sustava koje se koriste protiv obraštanja brodskog dna, u cilju zaštite okoliša te ljudskog zdravlja. Tako se iz upotrebe izbacuju premazi koji sadrže organske spojeve kositra nakon što je dokazano njihovo štetno djelovanje na morske organizme, a zamjenjuju ih novi bezopasni.

PSPC su standardi svojstava zaštitnih premaza, od strane IMO-a, koji propisuju svu dokumentaciju, procedure te zakonske obveze. Uređene su obveze proizvođača premaza, brodogradilišta te vlasnika broda. Uvedeni su posebni zahtjevi za prevenciju korozije na balasnim tankovima, kao i na tankovima za prijevoz nafte.

Održavanje se provodi određenim načelima i pravilima propisanim od strane klasifikacijskih društava. U ovom je radu dat primjer procedura prilikom inspekcije i popravke premaza opisane u *The application and inspection of marine coating systems, ABS*. Opisani su postupci održavanja premaza na brodu od strane posade, kao i popravci u brodogradilištu.



## LITERATURA

- [1] Dvornik, S.; Dvornik, J.: *Konstrukcija broda; Pomorski fakultet u Splitu*, Split 2013.
- [2] Juraga, I.; Alar V.; Stojanović, I.: *Korozija i zaštita premazima*, FSB, Zagreb, 2014.
- [3] Šakan, D.: *Održavanje broda, nastavni materijali*, Pomorski fakultet u Rijeci  
[https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads\\_nastava/20180308\\_093453\\_sakan\\_1.Odrzavanje.broda.pdf](https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180308_093453_sakan_1.Odrzavanje.broda.pdf) (preuzeto 20.08.2018)
- [4] Ivošević, Š.: *Održavanje i bezbjednost broda*, Fakultet za pomorstvo, Kotor 2016.
- [5] Juraga I.: *Mehanizmi zaštite od korozije*, autorizirana predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2012.  
[https://bib.irb.hr/datoteka/749414.Mehanizmi\\_zatite\\_od\\_korozije\\_-\\_skripta\\_2015.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/749414.Mehanizmi_zatite_od_korozije_-_skripta_2015.pdf)  
(preuzeto 12.08.2018)
- [6] Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T.: *Zaštita broskog trupa od korozije i obraštanja*, Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike, Vol.58 ,No.3, listopad 2007.  
[https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=25139](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=25139) (preuzeto 13.08.2018)
- [7] Knifić, Ž.; Ivče, R.; Komadina, P.: *Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda*, Pomorski zbornik, Vol.49-50 No.1 Travanj 2015.  
[https://hrcak.srce.hr/index.php?id\\_clanak\\_jezik=203706&show=clanak](https://hrcak.srce.hr/index.php?id_clanak_jezik=203706&show=clanak) (preuzeto 14.08.2018)
- [8] <http://brod.sfsb.hr/~saracic/Diplomski/Nova%20mapa/Boje.ppt> (preuzeto 15.08.2018)
- [9] <https://www.zionmarketresearch.com/news/global-antifouling-paints-coating-market> (preuzeto 26.08.2018)
- [10] Šegulja, I.; Bukša, A.; Tomas, V.: *Održavanje brodskih sustava*; Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka 2009.
- [11] <http://www.motorship.com/news101/ships-and-shipyards/water-jetting-for-cleaning-and-cold-cutting>, (preuzeto 26.08. 2018.)
- [12] <http://www.timemachine.hr/wp-content/uploads/2015/10/Pjeskarenje-plovila.jpg>,  
(preuzeto 26.8.2018.)
- [13] *Nacrt prijedloga zakona o potvrđivanju Međunarodne konvencije o nadzoru štetnih sustava protiv obraštanja brodova iz 2001. godine, s Nacrtom konačnog prijedloga*

zakona <http://www.mppi.hr/default.aspx?id=2642> (preuzeto 26.8.2018.)

- [14] Hrvatski registar brodova;  
[http://www.crs.hr/Portals/0/docs/eng/tehnical\\_circulars/QC-T-177%20v.00.pdf](http://www.crs.hr/Portals/0/docs/eng/tehnical_circulars/QC-T-177%20v.00.pdf)  
(preuzeto 26.8.2018.)
- [15] Vukorepa, K.; Burger, A.: *Priručnik – sigurnost i osnove zaštite na radu*, Kontrol biro, Društvo za osiguranje kvalitete, Zagreb, 2011.  
<http://hns-cff.hr/files/documents/4369/Priručnik%20zaštita%20na%20radu.pdf>  
(pristupljeno 20.08.2018)
- [16] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima (NN 108/95, 56/10) <http://ecomission.hr/wp-content/uploads/2015/04/Pravilnik-o-zapaljivim-tekućinama.pdf> (preuzeto 26.8.2018.)
- [17] The application and inspection of marine coating systems, ABS 2017  
[https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/survey\\_and\\_inspection/277\\_maintenancerepairprotectivecoatings\\_2017/Coating\\_Maintenance\\_GN\\_e-May17.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/survey_and_inspection/277_maintenancerepairprotectivecoatings_2017/Coating_Maintenance_GN_e-May17.pdf), (preuzeto 26.8.2018.)

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Broj šteta prema godinama starosti uzrokovan korozijom, 2 strukturalnim oštećenjima, vibracijom i ostalim uzrocima , preuzeto sa [3] Izvor: Statistical Survey on Wear of Ships, Nipon Kyokai Tehnical Bullten, Vol. 5.	
Slika 2.	Formiranje filma u bojama na bazi otapala,izvor [2]	9
Slika 3.	Formiranje filma pri oksidacijskom sušenju, reakcija s kisikom [2]	10
Slika 4.	Formiranje filma pri kemijskom otvrdnjavanju, [2]	11
Slika 5.	Proces obraštanja, [6]	14
Slika 6.	Tekstura površine SPC premaza, [6]	17
Slika 7.	Tekstura površine foul-release premaza, [6]	17
Slika 8.	Čišćenje vodenim mlazom, [11]	21
Slika 9.	Čišćenje oplata broda mlazom abraziva, [12]	22
Slika 10.	Češalj za ispitivanje mokrog filma premaza [5]	24
Slika 11.	Trokut gorenja, [15]	26
Slika 12.	Međunarodna oznaka za opasnosti od otapala, [4]	28
Slika 13.	Primjer opekotina od kiseline [4]	29
Slika 14.	Shematski prikaz poroznosti u sustavu sa dva sloja [17]	31
Slika 15.	Popravci na brodu [17]	39
Slika 16.	Prikaz pripreme zavarivanja prema Standard ISO 8501-3 [17]	41

## POPIS TABLICA I GRAFOVA

Tablica 1. Opće prihvaćeni klimatski uvjeti za nanošenje boje [4]	19
Tablica 2. Stanje premaza	33
Tablica 3. Kriteriji ocjenjivanja provjere za ABS [17]	34
Tablica 4. Preporuke za održavanje premaza prema ABS-u [17]	35
Tablica 5. Preporučeni dugoročni popravci za tankove balastnih voda [17]	36
Tablica 6. Preporučeni kratkoročni popravci za tankove sirove nafte [17]	37
Graf 1. Tržišta brodskih premaza – količina (tone) [9] i vrijednost (milijarde USD) u razdoblju između 2015. i 2021.	15
Graf 2. Odnos između relativne vlažnosti, temperature zraka/površine [4]	20

## POPIS KRATICA

ABS (eng. <i>American Bureau of Shipping</i> )	Američki registar brodova
AFS (eng. <i>International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships</i> )	Međunarodna konvencija o kontroli štetnih premaza protiv obraštanja na brodovima
CTF (eng. <i>Coating Technical Files</i> )	Tehnička dokumentacija premaza
DFT (eng. <i>Dry Film Thickness</i> )	Debljina suhoga sloja premaza
FRC (eng. <i>Foul Release Coating</i> )	Premazi na bazi otpuštanja obraslina
IMO (eng. <i>International Maritime Organization</i> )	Međunarodna pomorska organizacija
MEPC (eng. <i>The Marine Environment Protection Committee</i> )	Odbor za zaštitu morskog okoliša
PSPC (eng. <i>Performance Standards for Protective Coatings</i> )	Standardi izvedbe za zaštitne premaze
PVC (eng. <i>Pigment Volume Concentration</i> )	Zapreminska koncentracija pigmenta
SOC (eng. <i>Statement of Compliance</i> )	Izjava o sukladnosti
SOVC (eng. <i>Statement of Voluntary Compliance</i> )	Izjava o dobrovoljnoj usklađenosti
SPC (eng. <i>Polishing Copolymer</i> )	Samopolirajući premazi
SOLAS (eng. <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i> )	Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru
TBT (eng. <i>tributyltin</i> )	Tributil kositar
WFT (eng. <i>Wet Film Thickness</i> )	Debljina mokrog sloja premaza
WCO (eng. <i>The World Corrosion Organization</i> )	Svjetska korozijska organizacija